

**EVERTHON TAGHORI SICA**

**INTERNALIZAÇÃO DE VARIÁVEIS QUALITATIVAS NO  
PLANEJAMENTO DE SISTEMAS ELÉTRICOS DE ENERGIA:  
UMA PROPOSTA METODOLÓGICA.**

**FLORIANÓPOLIS – SC**

**2003**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO**  
**EM ENGENHARIA ELÉTRICA**

**INTERNALIZAÇÃO DE VARIÁVEIS QUALITATIVAS NO**  
**PLANEJAMENTO DE SISTEMAS ELÉTRICOS DE ENERGIA:**  
**UMA PROPOSTA METODOLÓGICA.**

Dissertação submetida à Universidade Federal de  
Santa Catarina como parte dos requisitos para  
obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Elétrica.  
Orientador: Prof. C. Celso de Brasil Camargo, D. Eng.

**EVERTHON TAGHORI SICA**

FLORIANÓPOLIS, FEVEREIRO DE 2003

**INTERNALIZAÇÃO DE VARIÁVEIS QUALITATIVAS NO  
PLANEJAMENTO DE SISTEMAS ELÉTRICOS DE ENERGIA: UMA  
PROPOSTA METODOLÓGICA.**

EVERTHON TAGHORI SICA

“Esta Dissertação foi julgada adequada para obtenção do Título de Mestre em Engenharia Elétrica, Área de Concentração em Sistemas de Energia Elétrica, e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós Graduação em Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Santa Catarina.”

---

Prof. C. Celso de Brasil Camargo, D. Eng.  
Orientador

---

Prof. Edson Roberto de Pieri, D. Sc.  
Coordenador do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica

Banca Examinadora:

---

Prof. C. Celso de Brasil Camargo, D. Eng.  
Presidente

---

Prof. Hans Helmut Zürn, Ph. D.  
Membro

---

Prof. Raimundo C. Ghizoni Teive, D. Eng.  
Membro

“Todos concordam que o bilhete de entrada na modernidade deste século foi o acesso à energia elétrica. Países que integraram toda a sua população ao século das luzes e necessitam atender a um modesto crescimento vegetativo de demanda energética, teriam, na temática de aumentar a eficácia e eficiência do sistema elétrico, uma motivação central na reforma. No Brasil, entretanto, uma parcela significativa da população rural ainda está no século XIX, e as “luzes da cidade” exercem um fascínio não literal para o crescimento explosivo das metrópoles. Pelos sinais de mercado esta população jamais será priorizada, permanecerá excluída. A não ser quando, favelizada, sugerir um mercado atraente. Nossa reforma, nem suspeita o quanto esta questão é estratégica.”

Carlos Lessa (*apud Rosa et al*, 1998)

Aos meus pais Cesar e Mirtes, que em todos os dias desta vida serão lembrados das vezes que não dormiram, do orgulho que engoliram, do choro escondido, das alegrias, das festas e dos dias que jamais deixaram de pensar e lutar por seus filhos Everthon, Yuri e Rui.

À Mayra Silveira que no olhar abrandou a brisa da solidão,  
com ternura sufocou a ansiedade, com amor dedicou-se a  
alegrar os meus dias e com um sorriso de menina, jamais  
hesitou em me acompanhar. Ao meu amor com carinho.

## Agradecimentos

Ao professor Celso Camargo pela confiança, paciência, amizade e orientação dispensadas ao longo deste trabalho.

Aos professores Hans Helmut Zürn e Raimundo C. Ghizoni Teive pela amizade, participação na banca examinadora e pelas contribuições ao trabalho.

Aos professores Annemahlen Gehrke Castagna, Clider Adriane de Souza e Silva, Edson Luiz da Silva, Ildemar Cassana Decker, Jorge Coelho, pela amizade, confiança, atenção e orientação.

Aos amigos Sérgio Murilo Petri e professor Leonardo Ensslin do LabMCDA pela atenção e ajuda.

À amiga Vânia Mattozo pela paciência e ajuda na revisão deste trabalho.

À Universidade Federal de Santa Catarina pelo apoio técnico e ao CNPq pelo apoio financeiro.

Aos amigos e companheiros de LabPlan Adriano de Souza, Ana B. Knolseisen, Erlon C. Finardi, Marcelo N. Agostini, Rubiara C. Fernandes e Lucio Galvani pela atenção, e intervenções sempre oportunas na execução deste trabalho. Em especial a Alexandre N. Zucarato, Rafael N. Rodrigues, Fabiano F. Andrade, Daniel Dotta, e Francisco Font Bell pelos momentos de estudo e diversão.

Aos amigos Antônio A. Ulian do Lago Albuquerque, Marisse Costa de Queiroz, Anderson L. Dutra, Carolina Jonck, Janaina da R. Valentim, Karine S. Vieira e Mariane Stahelin pelo carinho e alegria.

Aos amigos João Marcelo B. Machado, Cassiano D. Annes e Fernando K. Inoue, “*amicus certus in re incerta cernitur*”.

À Marilda Munaro pelo apoio, amor, carinho e confiança.

Aos manos Paulo Botas e Eduardo Pena, “*spiritus ubi vult spirat*” (João III:8).

*“Tenho amigos que não sabem o quanto são meus amigos. (...) A alguns deles não procuro, basta-me saber que eles existem. Esta mera condição me encoraja a seguir em frente pela vida. (...) Muitos deles estão lendo esta crônica e não sabem que estão incluídos na sagrada relação de meus amigos”.*

*Vinícius de Moraes. In: Amigos*

Resumo da Dissertação apresentada à Universidade Federal de Santa Catarina como parte dos requisitos necessários para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Elétrica.

## **INTERNALIZAÇÃO DE VARIÁVEIS QUALITATIVAS NO PLANEJAMENTO DE SISTEMAS ELÉTRICOS DE ENERGIA: UMA PROPOSTA METODOLÓGICA.**

**Everthon Taghori Sica**

Fevereiro/2003

Orientador: C. Celso Brasil Camargo, D. Eng.

Área de Concentração: Sistemas de Energia Elétrica

Palavras-chave: Energia Elétrica, Planejamento de Sistemas Elétricos, Sistema de Transmissão, Mercado de Energia, Internalização de Externalidades, Passivos Sócio-ambientais, Metodologia Multicritério, Apoio à Decisão.

Número de Páginas: 165

O planejamento energético tem profunda influência sobre a sociedade e sua concepção deve considerar duas características distintas: a energia elétrica como serviço público e como bem econômico gerador de valor. Estas características possuem em seu âmago dois conceitos, trabalhados nesta proposta metodológica para o planejamento de sistemas elétricos: a energia como *commodity* (*mercadoria*) e como função social para a Nação e o Estado. O malogro do modelo de planejamento sob a égide da iniciativa privada ocorreu pela incapacidade de projetar cenários coerentes com a dinâmica da composição orgânica do capital e o descaso com a função social exercida pela energia elétrica como meio de inclusão social. O presente trabalho aborda o desenvolvimento e a implementação de um modelo de apoio à decisão capaz de internalizar e mensurar variáveis qualitativas de cunho social, político, ambiental e econômico. As ações potenciais geradas, por esse modelo, têm a incumbência de minimizar falhas de regulamentação, conduta e desempenho do sistema de mercado de energia. O modelo pode ser aplicado a qualquer empreendimento no setor elétrico e mostrou-se adequado através do estudo de caso que aborda a legislação específica, os aspectos e impactos sócio-ambientais, as intervenções e atividades relativas ao sistema de transmissão nas etapas de planejamento, construção e operação do empreendimento.



Abstract of Dissertation presented to Federal University of Santa Catarina as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Master in Electric Engineering.

**INTERNALIZING OF QUALITATIVE VARIABLES IN THE PLANNING  
OF ELECTRIC SYSTEMS OF ENERGY: A METHODOLOGICAL  
PROPOSAL.**

**Everthon Taghori Sica**

February/2003

Advisor: C. Celso Brasil Camargo, D. Eng.

Area of Concentration: Systems of Electric Power

Keywords: Electric Energy, Planning of Electric Systems, System of Transmission, Market of Energy, Internalization of External Costs, Social and Environmental Liabilities, Multicriteria Methodology, Support to the Decision

Number of Pages: 165

The energy planning has deep influence on the society and its conception should consider two different characteristics: the electric energy as public service and as good economical generator of value. These characteristics possess in its heart two concepts, worked in this methodological proposal for the planning of electric systems: the energy as commodity and as social function for the Nation and the State. The failure of the planning model under the aegis of private initiative occurred due to the incapacity of devising coherent scenerios with the dynamics of the organic capital composition and the disregard of the social function exercised by the electric energy a means of social inclusion. The present work focuses the development and the implementation of decision support model capable of internalizing of external costs and to measure qualitative variables of social, political, environmental and economical. Nature the potential actions generated, by that model have the duty flaws of minimizing regulation, conduct and performance, of the energy market system. The model can be applied to any enterprise in the electric sector and it was shown appropriate through a case study that involves specific legislation, social and environmental aspects and impacts, interventions and related activities to transmission system planning, construction and operation stages of the enterprise.

# SUMÁRIO

---

|  |                 |
|--|-----------------|
| <i>Sumário</i>   | <i>ix</i>       |
| <i>Lista de Anexos</i>   | <i>xiii</i>     |
| <i>Lista de Apêndices</i>  | <i>xiv</i>      |
| <i>Lista de Equações</i>   | <i>xv</i>       |
| <i>Lista de Gráficos</i>   | <i>xvi</i>      |
| <i>Lista de Quadros</i>  | <i>xvii</i>     |
| <br>   |                 |
| <i>Introdução</i>  | <i>1</i>        |
| <br>   |                 |
| <b>1 Introdução</b>  | <b>1</b>        |
| 1.1 Objetivos da dissertação   | 3               |
| 1.1.1 Objetivos específicos  | 4               |
| 1.2 Justificativa  | 4               |
| 1.3 Metodologia  | 5               |
| 1.4 Estrutura da dissertação   | 6               |
| 1.5 Limitações da dissertação  | 8               |
| <br>   |                 |
| <b><i>O Planejamento Energético em Ambiente de Mercado</i></b>             | <b><i>9</i></b> |
| <br>   |                 |
| <b>2 O Planejamento Energético em Ambiente de Mercado</b>                  | <b>9</b>        |
| 2.1 Do planejamento tradicional ao planejamento integrado de recursos      | 10              |
| 2.1.1 Planejamento dos sistemas de transmissão de energia elétrica         | 12              |
| 2.2 O planejamento integrado de recursos                                   | 13              |
| 2.3 Do Mercado: conceitos de regulamentação, conduta e desempenho          | 15              |
| 2.3.1 O paradigma de estrutura-conduta-desempenho                          | 15              |
| 2.4 Da regulamentação do sistema de mercado de energia: conceitos e falhas | 18              |

|        |  |    |
|--------|--|----|
| 2.5    | Dos meios de produção do capital no mercado de energia: a sustentabilidade dos recursos naturais | 20 |
| 2.6    | Do livre mercado de energia e outras percepções equivocadas                                      | 22 |
| 2.7    | Das falhas de mercado: as externalidades e os bens públicos                                      | 24 |
| 2.8    | Das externalidades: os conceitos e os princípios microeconômicos                                 | 25 |
| 2.8.1  | Variações de bem-estar   | 26 |
| 2.8.2  | Externalidades negativas   | 27 |
| 2.8.3  | Externalidades positivas   | 30 |
| 2.8.4  | Considerações  | 31 |
| 2.9    | Das políticas públicas de correção das externalidades  | 32 |
| 2.9.1  | Regulamentação direta e taxas pigouvianas  | 34 |
| 2.9.2  | Permissões negociáveis   | 38 |
| 2.10   | Dos bens públicos: os conceitos e princípios do direito de propriedade                           | 38 |
| 2.10.1 | Direito de propriedade   | 39 |
| 2.10.2 | Bens não disputáveis e não exclusivos  | 39 |
| 2.11   | Do valor e do preço dos recursos naturais  | 41 |
| 2.12   | Conclusões do capítulo   | 43 |

## ***Metodologia Multicritério de Apoio à Decisão*** **45**

|          |  |           |
|----------|--|-----------|
| <b>3</b> | <b>Metodologia Multicritério de Apoio à Decisão.</b>     | <b>45</b> |
| 3.1      | Da técnica multicritério                                 | 48        |
| 3.1.1    | Os paradigmas científicos: racionalismo e construtivismo | 49        |
| 3.1.2    | O processo decisório                                     | 51        |
| 3.1.3    | A implementação do modelo                                | 53        |
| 3.1.4    | O fluxograma de estruturação da técnica multicritério    | 54        |
| 3.2      | Das metodologias multicritério                           | 55        |
| 3.2.1    | Característica estrutural                                | 55        |
| 3.3      | Do contexto decisório                                    | 56        |
| 3.3.1    | Os tipos de ações  | 56        |
| 3.4      | Dos pontos de vista fundamentais (PVFs)                  | 57        |
| 3.4.1    | Propriedades do ponto de vista fundamentais (PVFs)       | 58        |
| 3.5      | Dos descritores  | 60        |
| 3.5.1    | Tipos e propriedades dos descritores                     | 61        |
| 3.6      | Das funções: valor e utilidade                           | 62        |
| 3.6.1    | Método para construção de funções                        | 63        |
| 3.6.2    | Funções de valor para decisões em grupo                  | 65        |

|       |   |           |
|-------|---|-----------|
| 3.7   | Das taxas de substituição ( <i>Trade-offs</i> )                                 | 65        |
| 3.7.1 | Método de comparação par a par  | 65        |
| 3.8   | Da avaliação do modelo  | 66        |
| 3.8.1 | Avaliação global  | 68        |
| 3.8.2 | Análise de Custo/Benefício  | 70        |
| 3.9   | Da análise de sensibilidade   | 71        |
| 3.10  | Conclusões do capítulo  | 72        |
|       | <b><i>Modelo Multicritério para Empreendimentos no Setor Elétrico</i></b>       | <b>74</b> |
| 4     | <b>Modelo Multicritério para Empreendimentos no Setor Elétrico</b>              | <b>74</b> |
| 4.1   | Da implementação de variáveis sócio-ambientais ao planejamento energético       | 75        |
| 4.1.1 | Por que avaliação de passivos sócio-ambientais ?                                | 75        |
| 4.2   | Do objetivo do modelo proposto  | 77        |
| 4.3   | Da aplicabilidade do modelo proposto  | 77        |
| 4.4   | Dos critérios de avaliação de passivos sócio-ambientais para o setor elétrico   | 78        |
| 4.5   | Das necessidades para implementação do modelo proposto                          | 80        |
| 4.5.1 | Informações públicas  | 80        |
| 4.5.2 | Informações fornecidas pelo empreendedor  | 81        |
| 4.5.3 | Informações gerais sobre a unidade avaliada                                     | 81        |
| 4.6   | Da implementação do modelo proposto   | 83        |
| 4.6.1 | Ponto de Vista Fundamental: Adequação   | 84        |
| 4.6.2 | Ponto de Vista Fundamental: Remediação  | 85        |
| 4.6.3 | Ponto de Vista Fundamental: Administrativo                                      | 86        |
| 4.6.4 | Ponto de Vista Fundamental: Contingente   | 88        |
| 4.7   | Conclusões do capítulo  | 89        |
|       | <b><i>Aplicação do Modelo Proposto no Sistema de Transmissão de Energia</i></b> | <b>91</b> |
| 5     | <b>Aplicação do Modelo Proposto no Sistema de Transmissão de Energia</b>        | <b>91</b> |
| 5.1   | Objeto de estudo  | 92        |
| 5.2   | Procedimentos de identificação e avaliação de passivos sócio-ambientais         | 94        |
| 5.3   | Identificação de passivos, aspectos e impactos sócio-ambientais                 | 95        |
| 5.3.1 | Ponto de Vista Fundamental: Adequação   | 96        |
| 5.3.2 | Ponto de Vista Fundamental: Remediação  | 97        |
| 5.3.3 | Ponto de Vista Fundamental: Administrativo                                      | 102       |
| 5.3.4 | Ponto de Vista Fundamental: Contingente   | 105       |

|  |  |                   |
|--|--|-------------------|
| 5.4                                      | Avaliação multicritério para a necessidade de estudos sócio-ambientais | 106               |
| 5.4.1                                    | Avaliação local do modelo  | 108               |
| 5.4.2                                    | Análise de sensibilidade   | 110               |
| 5.5                                      | Conclusões do capítulo   | 114               |
| <b><i>Conclusões e Recomendações</i></b> |  | <b><i>117</i></b> |
| 6  | Conclusões e Recomendações   | 117               |
| 6.1                                      | Recomendações para futuros trabalhos                                   | 121               |
| <b><i>Anexos</i></b>                     |  | <b><i>122</i></b> |
| <b><i>Apêndice</i></b>                   |  | <b><i>131</i></b> |
| <b><i>Glossário</i></b>                  |  | <b><i>136</i></b> |
| <b><i>Referências Bibliográficas</i></b> |  | <b><i>140</i></b> |

# LISTA DE ANEXOS

---

|  |     |
|--|-----|
| Anexo A - Do Licenciamento Ambiental             | 122 |
| Anexo B - Constituição Federal e o Meio Ambiente | 127 |
| Anexo C - Princípios Microeconômicos             | 129 |

# LISTA DE APÊNDICES

---

Apêndice A – Modelo do Questionário para Pesquisa de Campo

131

# LISTA DE EQUAÇÕES

---

|  |     |
|--|-----|
| Equação 1- Índice de Lerner de Poder de Monopólio          | 17  |
| Equação 2 - Função de Produção                             | 18  |
| Equação 3 - Nível de Utilidade sujeito a Externalidade     | 26  |
| Equação 4 - Restrição Orçamentária                         | 31  |
| Equação 5 - Condição de Maximização da Utilidade Marginal  | 31  |
| Equação 6 - Função Benefício da Poluição                   | 35  |
| Equação 7 - Função Custo da Poluição                       | 36  |
| Equação 8 - Função do Ótimo Social                         | 38  |
| Equação 9 - Cálculo da Utilidade Esperada de um Critério   | 62  |
| Equação 10 - Função de Agregação Aditiva                   | 65  |
| Equação 11 - Função Objetivo da Avaliação Global           | 68  |
| Equação 12 – Análise de Sensibilidade                      | 72  |
| Equação 13 – Função da Renda                               | 129 |
| Equação 14 - Função Lagrangeana da Dualidade do Consumidor | 129 |
| Equação 15 - Utilidade Marginal                            | 129 |
| Equação 16 - Taxa marginal de Substituição                 | 130 |



# LISTA DE GRÁFICOS

---

|  |     |
|--|-----|
| Gráfico 1 – Custo Externo de Produção da Empresa   | 28  |
| Gráfico 2 - Custo Externo de Produção do Setor   | 29  |
| Gráfico 3 - Benefícios Externos  | 30  |
| Gráfico 4 - Funções de Benefício e Custo da Poluição   | 36  |
| Gráfico 5 - Nível Ótimo de Poluição e Valor da Taxa Pigouviana   | 37  |
| Gráfico 6 - Provisão de Bens Públicos  | 41  |
| Gráfico 7 - Curvas de indiferenças elaboradas com os decisores   | 47  |
| Gráfico 8 - Análise de preferência, região de viabilidade da combinação de critérios                               | 48  |
| Gráfico 9 - Perfil de Impacto das Ações Potenciais   | 68  |
| Gráfico 10 - Exemplo de Avaliação global   | 69  |
| Gráfico 11 - Exemplo Gráfico de Análise Custo/Benefício  | 70  |
| Gráfico 12 - Modelo Multicritério de Avaliação de Passivos Sócio-ambientais para Empreendimentos no Setor Elétrico | 83  |
| Gráfico 13 - Modelo Multicritério: Ponto de Vista Fundamental - Adequação  | 84  |
| Gráfico 14 - Modelo Multicritério: Ponto de Vista Fundamental - Remediação   | 85  |
| Gráfico 15 - Modelo Multicritério: Ponto de Vista Fundamental - Administrativo                                     | 87  |
| Gráfico 16 - Modelo Multicritério: Ponto de Vista Fundamental - Contingente  | 88  |
| Gráfico 17 - Funções Valor do Setores Acadêmico, Público e Privado   | 109 |
| Gráfico 18 - Avaliação Global e Perfil de Impacto dos Setores Acadêmico, Público e Privado                         | 110 |
| Gráfico 19 - Unidade Monetária Gasta por Benefício Adicional   | 111 |
| Gráfico 20 - Análise de Sensibilidade dos Setores Acadêmico, Público e Privado                                     | 113 |
| Gráfico 21 - Performance Global em Função da Variação da Taxa de Substituição                                      | 114 |
| Gráfico 22 - Maximização da Utilidade  | 130 |

# LISTA DE QUADROS

---

|  |     |
|--|-----|
| Quadro 1 - Instrumentos Econômicos de Políticas Públicas                         | 33  |
| Quadro 2 - Tradições Epistemológicas   | 50  |
| Quadro 3 - Processo de Apoio à Decisão por meio da Metodologia Multicritério     | 54  |
| Quadro 4 - Estrutura do Modelo Multicritério                                     | 58  |
| Quadro 5 - Construção de um Critério para cada PVF                               | 59  |
| Quadro 6 - Avaliação das Ações Potenciais  | 67  |
| Quadro 7 - Custos Ambientais do Sistema de Transmissão 500 kV P. Dutra-Fortaleza | 93  |
| Quadro 8 - Fluxograma de Análise de Descritores                                  | 95  |
| Quadro 9 - Descritor para o Ponto de Vista Elementar: Estudos                    | 106 |
| Quadro 10 - Modelo Multicritério para Avaliação Local                            | 107 |
| Quadro 11 - Variação da Performance em Função da Taxa de Sensibilidade           | 112 |
| Quadro 12 - Planilha de Análise de Sensibilidade – Setor Privado                 | 113 |



“Sem essa estranha embriaguez, ridicularizada por todos que vivem fora do ambiente; sem esta paixão, (...) sem isso, não haverá vocação para ciência e seria melhor que vos dedicásseis a qualquer outra coisa. Pois nada é mais digno do homem como homem, a menos que ele possa empenhar-se na sua realização com dedicação apaixonada.”

Max Weber. In: A Ciência como vocação

## CAPÍTULO

# 1

# INTRODUÇÃO

## 1 Introdução

**H**Á NECESSIDADES essenciais para sobrevivência, tais como alimentação e moradia, que diante da ausência de energia acarretam um certo desconforto. Desta forma, o atendimento de necessidades básicas varia conforme a capacidade de satisfazê-las e com as condições de vida e cultura de uma dada sociedade.

Na sociedade atual, a energia ocupa a condição intrínseca à criação e alteração de meios de produção. Portanto, a energia representa uma função essencial para a qualidade de vida, o desenvolvimento socioeconômico e o crescimento econômico. A necessidade de energia não possui significado meramente econômico, mas também denota um sistema de carências abrangendo, inclusive, necessidades não materiais como cidadania e segurança.

Depois dos dois choques do petróleo nos anos 70, houve pessimismo sobre o panorama de crescimento econômico a longo prazo. Esse negativismo refletiu-se através da incorporação dos recursos energéticos exauríveis nos modelos utilizados pelas teorias de crescimento econômico ótimo. Tais choques evidenciaram à sociedade atual a sua extrema dependência de energia para satisfazer suas necessidades.

O desenvolvimento socioeconômico e o crescimento econômico seriam maximizados substancialmente diante da constatação de possibilidades técnicas destinadas à satisfação das necessidades energéticas, com alocação mais eficiente dos recursos e maior integração no planejamento econômico, político, social e ambiental do Estado. Esta evidência questiona a credibilidade do planejamento de sistemas de energia sob uma concepção vazia, que exclui seus reflexos diante das necessidades de bens e serviços vinculados ao sistema energético. Desta forma o planejamento energético deve evoluir na direção do planejamento integrado de recursos (PIR), absorvendo as variáveis de cunho social, político, econômico e ambiental para prover maior eficiência técnica e econômica ao setor energético.

A causa essencial da ausência do planejamento integrado eficiente, capaz de proporcionar melhor alocação do fluxo de capital e dos recursos naturais em empreendimentos no setor elétrico, são as relações entre Estado, sociedade, investidores e consumidores, onde cada um possui prioridades e acesso a capital muito distintos, agravados em seu âmago pela dicotomia público/privado<sup>1</sup> da energia, ou seja, como função social e como *commodity* (mercadoria). Um fato interveniente desta realidade é também (Conti, 1997, p. 978) a diminuição das fontes de recursos materiais e energéticos, que coexiste com a redução da produtividade das transformações energéticas. Estes fatos têm repercussões em amplo espectro (social, ambiental, político e econômico) afetando o planejamento energético com o decorrente aumento dos custos de produção e as mudanças demasiadamente efêmeras na composição orgânica do capital que tornam difíceis as previsões e projeções. A modificação dos negócios e a ampliação de mercados sugerem a necessidade de empreendimentos cada vez mais baseados em atitudes técnicas eficazes que propiciem alternativas ágeis, tangíveis e claras em sua utilização.

Neste contexto é imperativa a necessidade de um planejamento moderno e mais complexo. Tendo isto em vista, esta pesquisa elabora uma proposta de modelo que inclua as variáveis sociais, ambientais, políticas e econômicas, na qual seja efetiva a participação dos agentes afetados no planejamento e tomada de decisão, ou seja, a participação do Estado, da sociedade, dos investidores e dos

---

<sup>1</sup> Refere-se à necessidade de se separar o que é do Estado (esfera pública) e o que é particular (esfera privada). Maiores informações ver Bobbio (1999, p. 13-32).

consumidores. Surge, então, como uma das principais discussões, a forma de utilização e planejamento dos recursos energéticos feita pelas várias gerações. A controvérsia reside da suposição implícita na teoria do crescimento econômico ótimo, segundo a qual os indivíduos são todos iguais, tanto os da geração atual como aqueles das gerações futuras. Desta forma, a geração atual sente-se igualmente comprometida em poupar uma quantidade de recurso para a geração futura, ou em consumir o recurso hoje, contanto que esse consumo para a geração futura seja descontada a uma determinada taxa de juros. Assim, as gerações são constituídas por indivíduos semelhantes e com os mesmos interesses.

As técnicas de otimização da pesquisa operacional são estáticas quanto à forma de utilização e planejamento dos recursos energéticos intergeracionais<sup>2</sup>. Desta forma, torna-se necessário maior entendimento da realidade efetiva das coisas por meio de um processo mais amplo, que integre as variáveis políticas, sociais, econômicas e ambientais, quase sempre conflitantes. As metodologias multicritério apontam nesta direção, incorporando a visão da totalidade do sistema e fazendo uso de um método de investigação, científico e racional, que absorve essas variáveis intervenientes.

Diante do exposto, o desafio deste trabalho é demonstrar a viabilidade do planejamento de sistemas de energia por meio de um modelo que absorva as variáveis de cunho ambiental, político, social e econômico, de tal forma que as medidas usadas e implementadas no modelo eliminem as possíveis falhas de regulamentação, conduta e desempenho do sistema de mercado de energia, proporcionando a alocação eficiente de capital e revitalizando a função social exercida pela energia elétrica como meio de inclusão social.

## 1.1 Objetivos da dissertação

Os objetivos deste trabalho são incorporar, no planejamento de sistemas de energia elétrica, variáveis qualitativas de cunho social, ambiental, econômico e político, e, desta forma, transpor as limitações metodológicas e institucionais que envolvem a consideração adequada destas variáveis intervenientes; a saber:

### *I – Limitações metodológicas:*

- ✎ A Inexistência de dados básicos sobre as condições ambientais e sociais pré-existentes nas áreas afetadas pelos empreendimentos, acarretando elevados custos e longos prazos para sua coleta;

---

<sup>2</sup> A pesquisa operacional oferece dificuldades para uma formulação mais próxima da realidade no referente ao uso dos recursos naturais potencialmente energéticos entre as diferentes gerações no âmbito da utilização, conservação e consumo do capital natural. Cf. ver maiores informações em Montibeller (2001, p. 29-56).

- ✚ A precariedade das metodologias disponíveis para avaliar os impactos sócio-ambientais diante da complexidade encontrada na própria identificação, interpretação e mensuração desses impactos, considerando seus efeitos sinérgicos e sua dinâmica de propagação geográfica e temporal.

#### *II – Limitações institucionais:*

- ✚ A subjetividade intrínseca aos estudos de avaliação de impacto exige que se assegure a complexa participação dos diversos grupos interessados nos empreendimentos e na tomada de decisão (em termos de segurança ou saúde, por algum tipo de perda econômica, de patrimônio estético ou cultural, e de preservação de recursos naturais);
- ✚ Os diferentes sistemas de valores e critérios dos grupos com interesses diversos nas decisões sobre o empreendimento geram conflitos, cuja negociação tem de ser organizada através de um processo lógico, claro e objetivo.

### **1.1.1 Objetivos específicos**

Os resultados esperados da implementação deste modelo no planejamento são:

- ✚ Apresentar um método viável, capaz de assegurar que os valores públicos sejam incorporados no planejamento dos sistemas de energia elétrica;
- ✚ Permitir que a tomada de decisão otimize os objetivos e minimize os possíveis conflitos;
- ✚ Maximizar a eficiência econômica e, então, otimizar o uso dos recursos econômicos em razão de sua escassez;
- ✚ Maximizar os benefícios decorrentes, ou seja, possibilitar a distribuição equânime dos benefícios de forma a reduzir os impactos dos efeitos da escolha;
- ✚ Promover a conservação do meio ambiente no desenvolvimento das atividades econômicas, minimizando a degradação dos recursos naturais.

## **1.2 Justificativa**

A energia pode ser percebida de várias formas, dependendo do nível de decisão, influência e necessidades dos diferentes grupos sociais envolvidos na tomada de decisão. Os gestores públicos não tomam decisões baseados somente em modelagens estritamente técnicas, mas segundo Mota (2001, p. 81) também utilizam princípios éticos que regem a vida em sociedade. É necessário um modelo de suporte à tomada de decisão que auxilie na resolução de conflitos potenciais e insira o julgamento ético

nesse processo, tendo em vista que muitas informações contêm incertezas e precisam ser tratadas sob diferentes juízos de valor.

Entender essas diferentes percepções torna-se relevante, pois elas condicionam a maneira de realizar o planejamento energético. Em outros termos, a energia tratada como *commodity* (*mercadoria*) pode perder o caráter de função social. Assim, é necessário revitalizar este caráter funcional da energia, além de contemplar os novos atores que incorporam o atual sistema.

Este trabalho visa contemplar os novos agentes surgidos com a reestruturação do setor elétrico em ambiente de mercado, oferecendo ao Estado, à sociedade, aos investidores e aos consumidores uma metodologia clara e objetiva, que possibilite a participação dos grupos sociais afetados por empreendimentos do setor elétrico, e possua uma estrutura lógico-dedutiva que estabeleça a agregação de preferências individuais, auxiliando de forma precisa e sistemática a tomada de decisão nesse setor.

### 1.3 Metodologia

Um trabalho científico caracteriza-se por um objeto de estudo reconhecível e definido de tal maneira que seja identificável igualmente por todos. Além disso, deve ser útil aos demais e fornecer elementos para a verificação e contestação das hipóteses apresentadas. O trabalho científico deve contribuir para o enriquecimento do conhecimento geral e, portanto, possui sempre um valor político positivo.

Este trabalho de pesquisa classifica-se, de acordo com a abordagem escolhida, como uma pesquisa quantitativa e qualitativa. A técnica proposta para atingir os objetivos propostos usufrui da pesquisa operacional<sup>3</sup> para elaborar funções matemáticas e econômicas e do construtivismo para formulação da estrutura a ser resolvida.

Esta pesquisa propõe uma metodologia que considera como dinâmica a relação entre sujeito e objeto de estudo; a qual converge de forma dialética, segundo as premissas:

- ✚ Princípio da Totalidade (tudo se relaciona): A natureza se apresenta como um todo coerente, onde objetos e fenômenos são ligados entre si, condicionando-se reciprocamente;

---

<sup>3</sup> Cf. Os paradigmas científicos: racionalismo e construtivismo, página 49

A compreensão dialética se encontra em relação de intensa interação e conexão entre si e com o todo, mas também que o todo não pode ser petrificado na abstração situada por cima das partes, visto que o todo se cria a si mesmo, na interação das partes (Kosik, 1976, p. 42).

- ↳ Princípio do Movimento (tudo se transforma): A afirmação engendra a sua negação; porém a negação não prevalece como tal. Tanto a afirmação como a negação são superadas e o que prevalece é uma síntese, é a negação da negação. Por exemplo: o calor só pode ser entendido em função do frio;
- ↳ Mudança qualitativa: Dá-se pelo acúmulo de elementos quantitativos que, num dado momento, produzem o “qualitativamente novo”;
- ↳ Princípio da Contradição (unidade e luta dos contrários): A transformação das coisas só é possível porque, no seu próprio interior, coexistem forças opostas tendendo simultaneamente à unidade e à oposição. A contradição é a essência, a lei fundamental da dialética.

Uma grande parte da bibliografia foi obtida através de pesquisas intensivas em bibliotecas, em revistas IEEE/IEE, na rede mundial de computadores (*internet*) e acesso às bases de dados da Eletrobrás e concessionárias de energia, além de outros *sites* relativos aos temas de energia, meio ambiente e desenvolvimento, metodologias multicritério, análises sócio-ambientais e planejamento energético.

Essa pesquisa tenciona suprir a carência de uma metodologia para apoiar a tomada de decisão considerando as variáveis sociais, políticas, ambientais e econômicas fornecendo um modelo que reconheça a função social agregada aos serviços de energia e, conseqüentemente, integre o valor da “coisa pública” e da propriedade como fatores inerentes do planejamento de sistemas de energia.

## 1.4 Estrutura da dissertação

Este trabalho está estruturado em seis capítulos. O capítulo 1 apresenta as características principais da dissertação e consubstancia o tema escolhido, os objetivos, a justificativa e a metodologia utilizada.

O capítulo 2 trata do planejamento energético em ambiente de mercado. Foi realizada uma pesquisa sobre os efeitos de produção e consumo energéticos, que não se refletem diretamente no mercado e



nem no planejamento do sistema elétrico, ou seja, as externalidades e os bens públicos<sup>4</sup>. Estes constituem importantes fatores de falhas de mercado, originando sérias questões de política pública, que serão abordadas à luz de diversas teorias de desenvolvimento com repercussões econômicas e políticas para o Estado.

O capítulo 2, também contém uma análise das falhas de mercado. Quando as externalidades estão presentes, o preço do bem não reflete necessariamente o seu valor social. No caso, o bem em questão é a energia elétrica, como serviço (bem público) e como *commodity* (*mercadoria*). Desta forma, na presença de externalidades, os agentes de mercado podem se tornar ineficientes. Entretanto de que modo são criadas tais ineficiências? Como avaliar as soluções para estas? Valorando-se corretamente a energia como serviço e como *commodity* (*mercadoria*) se conseguirá um sistema eficiente e ausente de “falhas”? O novo enfoque para o planejamento de sistemas de energia elétrica deve ser concebido, segundo uma abordagem que não maximize apenas a utilidade, mas proporcione ao todo do sistema uma descrição de suas variáveis e a interação entre as mesmas para, então, obter um serviço mais justo.

A metodologia utilizada (técnica multicritério de apoio à decisão) para implementar o modelo diante do novo paradigma do planejamento de sistemas de energia é exposta no capítulo 3, onde serão elucidados os seus fundamentos, as suas características, as suas propriedades e o próprio processo de implementação.

O modelo implementado pela técnica multicritério de apoio à decisão, demonstrado no capítulo 4, contempla os empreendimentos referentes a termelétricas, hidrelétricas, linhas de transmissão e subestações, esboçando pontos de vistas fundamentais e elementares que correspondem a um roteiro para avaliar os principais riscos sócio-ambientais inerentes a qualquer empreendimento no setor elétrico.

A pesquisa apresenta a viabilidade do método por meio do estudo de caso apresentado no capítulo 5. O estudo avalia o modelo de tomada de decisão com a priorização de estudos sócio-ambientais para o sistema de transmissão, conforme roteiro definido no capítulo 4. O estudo de caso apresenta o modelo decisório para diversos atores de grupos sociais diferentes. Neste capítulo será utilizado o software MACBETH, qual é o mais aceito no meio científico para formulação de problemas por meio da metodologia multicritério, além de planilhas para análise de sensibilidade.

---

<sup>4</sup> Entende-se por bem público, aquele bem cujo o consumo por parte de uma pessoa não reduz a disponibilidade do mesmo para outras pessoas (Pinho *et al.*, 1998).

O capítulo 6 apresenta as considerações finais e sugestões para os trabalhos futuros.

## **1.5 Limitações da dissertação**

Esta dissertação está baseada em um diagnóstico prévio da matriz sócio-ambiental do setor energético brasileiro e apresenta limitações devido ao difícil acesso às informações necessárias sobre a unidade avaliada, bem como, a participação efetiva dos interesses dos decisores por meio de entrevistas e da agregação do modelo decisório por meio de processo Delphi, o qual garante consenso.

O estudo de caso ficou restrito à avaliação do passivo sócio-ambiental de uma linha de transmissão. A escolha desse passivo foi feita por envolver conceitos culturais e por que os recursos naturais são compreendidos como coisa que tem valor, com o agravante de estarem submetidos a usos freqüentemente conflitantes. A avaliação de passivos sócio-ambientais proporciona a alocação de recursos de forma mais eficiente e contribui para a hierarquização mais racional das ações desenvolvidas nas diversas áreas do setor elétrico. Esta análise possui grande importância nas operações de associação, fusão, compra ou venda de ativos, seguro e abertura ou aumento de capital, e outras, nas quais o valor de mercado do próprio objeto das operações é fortemente impactado pelo passivo sócio-ambiental ou pelas expectativas em torno do mesmo passivo.

O estudo de caso, envolve um amplo processo, que inclui desde a legislação específica até o conhecimento dos processos típicos das linhas de transmissão de energia elétrica, com seus respectivos aspectos e impactos ambientais. São consideradas todas as intervenções e atividades relativas ao empreendimento, compreendidas pelas etapas de planejamento, construção e operação.



“A exclusão social é uma indicação clara de que a sociedade está errada. Tem de inventar novas formas de inserção social, sair da prisão de que tudo tem que ser rentável pelos critérios do mercado.”

Celso Furtado

CAPÍTULO

2

## O PLANEJAMENTO ENERGÉTICO EM AMBIENTE DE MERCADO

### 2 O Planejamento Energético em Ambiente de Mercado

A REESTRUTURAÇÃO ocorrida nos sistemas de energia elétrica de diversos países, nos últimos anos, acarretou na necessidade de novos paradigmas para os planejadores desses sistemas. Os conceitos de poluição ambiental, recursos renováveis e desenvolvimento sustentável<sup>5</sup> foram disseminados por grupos e organizações que se caracterizam por fortes pressões sobre a expansão das atividades do setor elétrico.

---

<sup>5</sup> O desenvolvimento sustentável, de acordo com Montibeller (2001, p. 17), possui um conceito abrangente, o que permite apropriações diferenciadas e ideologizadas por diferentes segmentos sociais. Contudo, sua definição baseia-se na eficiência econômica associada à eficácia social e ambiental, o que significa melhoria da qualidade de vida das gerações atuais sem comprometer as possibilidades das próximas gerações.

Este capítulo discute o ambiente no qual o modelo de planejamento proposto será executado. Para tanto, é necessário o pleno entendimento das partes que interagem com os sistemas de energia e assim, segundo Jannuzzi e Swisher (1997, p. 187), diferenciar o planejamento tradicional a custo mínimo ao incluir custos ambientais e os impactos sociais em todas as opções consideradas e, sobretudo, considerar os benefícios da eletricidade mensurados pelo serviço de energia fornecido e não somente pela quantidade de energia vendida.

Portanto, este capítulo tem a finalidade de discorrer sobre: o contexto do planejamento tradicional de sistemas de energia elétrica; a necessidade do planejamento integrado de recursos; os conceitos de funcionamento do planejamento em ambiente de mercado, incluindo a análise de falhas de mercado, estrutura de mercado, conduta e desempenho dos agentes que compõem os sistemas de energia nestes novos tempos; e a internalização de variáveis de cunho social, político, econômico e ambiental.

## **2.1 Do planejamento tradicional ao planejamento integrado de recursos**

O planejamento energético tradicional procura atender ao crescimento da demanda futura, apenas minimizando os custos econômicos por meio de projetos de expansão pelo lado da oferta de energia. Isto condiciona a conduta dos agentes de planejamento para gerar oportunidades no lado da oferta que maximizem as vendas, o que necessariamente não significa um uso melhor da energia ou de oportunidades de acesso ao sistema de energia elétrica.

O critério de expansão da oferta a custo mínimo do planejamento tradicional aliado a economias de escala, segundo Jannuzzi e Swisher (1997, p. 23), levou a uma rápida expansão da capacidade e de promoção do crescimento da demanda dando pouca ênfase à eficiência do uso energético e à sustentabilidade dos recursos naturais.

O critério principal de custo no planejamento tradicional é o da renda esperada com as vendas de energia, que deveria ser suficiente para cobrir os custos de produção, proporcionando um retorno aceitável aos investidores. Contudo, este valor esperado exclui os reflexos do planejamento em outros setores da economia, gerando, desta forma, um planejamento incoerente com a realidade do capital ao produzir custos externos não contabilizados, deixando de garantir a sustentabilidade dos recursos naturais necessários para a produção de energia.

No ambiente de mercado o planejamento tradicional torna-se precário, posto que não é capaz de intervir sobre a estrutura e o desempenho do mercado e dos agentes que o compõem. As previsões e os cenários projetados não refletem a realidade dos fatos, pois o livre mercado pode apresentar falhas que devem ser levadas em conta no planejamento energético e os agentes nem sempre comercializam a energia a custo mínimo.

Diante do contexto de mercado no qual o planejamento de sistemas de energia está inserido e segundo a reestruturação corrente em diversos países nos últimos anos, a necessidade de novos paradigmas para os planejadores desses sistemas torna-se imperativa, visando a alocação de capital eficiente com crescimento e desenvolvimento desejáveis.

Desta forma, o planejamento de sistemas de energia deve absorver a influência e integrar as necessidades inerentes dos diferentes grupos sociais afetados na tomada de decisão do planejamento energético. Esse paradigma de planejamento deve expor, diante dessas diferentes percepções, uma forma clara, objetiva e racional de planejar. À parte os aspectos técnicos, a tomada de decisão na área energética é fundamentalmente influenciada pelo modo como ela é compreendida pelos agentes que participam do processo. Assim, faz-se necessário entender essas diferentes percepções, pois elas condicionam a maneira de realizar o planejamento. Neste sentido, o planejamento necessita incorporar múltiplos objetivos econômicos, sociais, políticos e ambientais e, para tanto é requerida a aplicação de um processo mais complexo, que integre essas variáveis, quase sempre conflitantes. As metodologias multicritério apontam nesta direção, incorporando uma visão da totalidade do sistema ao fazer uso de um método de investigação, científico e racional, que absorve estas novas variáveis intervenientes.

Esta metodologia objetiva esclarecer os agentes envolvidos sobre as implicações e conseqüências dos critérios examinados, inspirando mais segurança na tomada de decisão. A viabilidade do método reside em qualificar, quantificar e comunicar as prioridades para o planejamento indicativo, ao mesmo tempo que direciona a discussão dos objetivos fundamentais, segundo um processo interativo e de síntese, para os conceitos em análise. O método aplica-se a um ambiente de incertezas, onde coexistem diferentes alternativas de solução e grupos de atores envolvidos e/ou atingidos, resultante de um quadro de conflito entre valores, objetivos e diferentes relações de poder. O processo envolve grande quantidade de informações quantitativas, qualitativas e ambíguas.

O planejamento calcado nesta metodologia abrange as seguintes etapas: a definição e seleção de critérios, recursos e alternativas; a quantificação de impactos através da estimativa de desempenho de cada alternativa diante dos critérios escolhidos; a definição de uma função utilidade ou valor para cada

critério e também um valor “neutro” para a opção de fornecimento marginal; a valoração da performance combinada e dos resultados das taxas de substituição para o início da avaliação; a valoração das preferências dos agentes através das taxas de substituição ou a valoração holística; a negociação entre os agentes para explorar a avaliação inicial do programa, identificando áreas de conformidade/não conformidade para o desenvolvimento inicial do portfólio base; a discussão do nível de critério do portfólio (equidade e diversidade) e a conclusão geral. A metodologia multicritério será mais amplamente descrita no capítulo 3.

Esta pesquisa é ilustrada com a apresentação de um estudo de caso prático da metodologia multicritério no setor elétrico em linhas de transmissão, que será discutido no capítulo 5.

### **2.1.1 Planejamento dos sistemas de transmissão de energia elétrica**

O foco do estudo de caso, apresentado no capítulo 5 desta pesquisa, demonstra a factibilidade do método proposto no planejamento de sistemas de transmissão de energia elétrica. O principal insumo do processo de planejamento é o conjunto de informações baseadas na política econômica, diretrizes de política energética, política ambiental, política industrial, viabilização comercial de novos avanços tecnológicos, entre outros. Os resultados deste planejamento proporcionam recomendações confiáveis como subsídios para definir políticas de longo prazo que afetem o setor energético e demais agentes do setor.

O horizonte de planejamento deve conceber, segundo a ELETROBRÁS (2000e), a evolução dos sistemas e permitir a incorporação de novos empreendimentos. O método proposto no capítulo 3 contempla as perspectivas políticas e econômicas vigentes para o planejamento da transmissão, a saber (ELETROBRÁS, 2000e):

#### *Planejamento indicativo da expansão*

↳ O planejamento indicativo da expansão deve suprir as necessidades de informações, de contextualização do ambiente de suporte ao planejamento indicativo (oriundo do plano de longo prazo), integrando premissas, análises e propostas de alternativas para a expansão do sistema e que considerem novos empreendimentos, grandes troncos de transmissão, importações de energia e possibilidade de emprego de fontes alternativas de energia. Tudo isso torna o processo de

planejamento contínuo e permanentemente reavaliado, descaracterizando o ciclo anual tradicional, com início e término definidos.

#### Planejamento determinativo da expansão da transmissão

✎ O planejamento da expansão da transmissão possui caráter determinativo quando se refere às obras inadiáveis, visando garantir o atendimento e as expectativas da sociedade e do mercado. No âmbito do planejamento, são considerados os diversos estudos de integração da expansão entre rede básica e sistemas regionais de distribuição. O horizonte de análise do planejamento determinativo deverá ser superior ao prazo mínimo necessário para a implantação de expansões de transmissão.

O novo paradigma de planejamento integra os aspectos energéticos e ambientais, evidenciando o caráter mais global do processo de planejamento. As atividades relacionadas ao Comitê Técnico para Estudos Sócio-Ambientais (CTSA), segundo a ELETROBRÁS (2000e), sugerem a necessidade de adotar critérios metodológicos que tratem os aspectos energéticos e ambientais de maneira integrada, para a elaboração dos planos indicativos e de longo prazo e a consolidação de um sistema sócio-ambiental, com informações individualizadas por empreendimentos.

## **2.2 O planejamento integrado de recursos**

O planejamento integrado de recursos energéticos (PIR) estuda o planejamento do abastecimento de energia considerando todos os recursos energéticos disponíveis tanto do lado da oferta quanto da demanda, incluindo a geração distribuída. As análises abrangem aspectos técnicos, políticos, econômicos, sociais e ambientais, com a participação de todos os atores envolvidos no processo.

O planejamento integrado (PIR) passou a ser aplicado no planejamento dos setores elétrico e de gás canalizado a partir de meados dos anos 80 em alguns países, entre os quais se destacam os EUA, Canadá e Dinamarca. O PIR é a forma mais avançada de planejamento que se conseguiu estabelecer para estes setores; ele foi aplicado, no passado, sobretudo para empresas concessionárias verticalmente integradas.

No novo contexto institucional dos setores energéticos, onde se busca competição nas etapas de produção/importação e comercialização, esta abordagem possui grandes atrativos no âmbito do planejamento indicativo da expansão em escala regional.

O PIR analisa, de uma forma explícita e eqüitativa, um grande número de opções de suprimento e de ações sobre a demanda, internalizando os custos sociais e ambientais associados às diferentes opções. Este tipo de planejamento incentiva a participação do público interessado, efetua uma avaliação dos riscos e incertezas oriundos de fatores externos ao exercício de planejamento e, também, aqueles decorrentes das opções analisadas. Busca-se, desta forma, um consenso na preparação e avaliação dos planos de expansão por meio de um planejamento participativo, racional, claro e objetivo.

Ao considerar de forma explícita, um portfólio maior de opções de investimentos, o planejamento integrado de recursos energéticos tenta compor de forma ótima os recursos de oferta e demanda para atender às necessidades de serviço de energia. Para isto requer as seguintes ações potenciais, segundo Jannuzzi e Swisher (1997, p. 26-32), a serem estudadas:

- ↳ Ações de gerenciamento pelo lado da demanda e reduções de perda;
- ↳ Produtores independentes e cogeração;
- ↳ Impactos ambientais e riscos;
- ↳ Perspectiva da energia como “recurso” público.

As demandas que têm sido feitas sistematicamente pelos grupos ambientalistas ao governo e aos agentes setoriais são atendidas na medida em que esta nova forma de planejamento não só considera seriamente as alternativas do lado da demanda e as fontes de produção renováveis (no caso do setor elétrico) e/ou pouco poluentes como também busca a redução de impactos sociais e ambientais negativos ainda na fase de elaboração e seleção dos projetos. Em geral, os exercícios de PIR tentam internalizar os custos ambientais e sociais através de sua valoração ou então de uma otimização multicritério.

A dificuldade de implementar mudanças na economia de mercado, como a internalização dos custos ambientais e sociais, agrava-se em virtude das diferenças de poder e acesso ao capital entre os diversos grupos afetados pelo planejamento. Assim, o planejamento e a regulamentação têm sido usados para corrigir estes problemas e aumentar os incentivos para o uso mais eficiente da energia, seguindo o princípio do desenvolvimento sustentável.

As seções, a seguir, discorrem sobre os fatores que o planejamento de sistemas de energia deve considerar, no ambiente de mercado, a fim de obter a alocação mais eficiente dos recursos e a distribuição equânime dos custos e dos benefícios sociais à Nação.



## **2.3 Do Mercado: conceitos de regulamentação, conduta e desempenho**

O mercado de energia sugere um encadeamento causal da estrutura de mercado para a conduta dos agentes e desta para o desempenho econômico. Neste estudo do encadeamento pode se resgatar uma preocupação maior: a formulação de políticas públicas para o setor energético, para uma concepção de planejamento e operação, ausente de falhas de mercado e eficiente<sup>6</sup>.

### **2.3.1 O paradigma de estrutura-conduta-desempenho**

Scherer dedicou-se neste estudo (Scherer e Ross, 1990), apresentando uma compilação das principais contribuições sobre a regulamentação, conduta e desempenho de mercados e eficiência econômica, que resultou no paradigma de estrutura-conduta-desempenho.

O paradigma de estrutura-conduta-desempenho aplica-se à avaliação do desempenho constatado frente ao desempenho esperado em uma situação ideal de concorrência perfeita. Ele, permite analisar a influência das imperfeições do mecanismo de mercado de energia, que limitam a capacidade de atender às aspirações e à demanda dos consumidores e da sociedade por bens e serviços associados ao produto “energia”. Neste sentido, verifica-se o desempenho econômico da estrutura imperfeita e o desempenho ideal competitivo. Neste caso, assume-se o desempenho econômico como uma variável dependente, portanto, podendo ser alterada mediante intervenções sobre a estrutura de mercado e a conduta dos agentes, o que pode servir como guia para as políticas públicas do setor de energia no Brasil.

A estrutura do setor energético brasileiro apresenta atualmente uma tendência híbrida de investimentos entre a esfera pública e privada. Contudo, a perspectiva de mercado tem o seu grande vilão no exercício do poder de monopólio, ou seja, a capacidade de alguns agentes de mercado em fixar preços acima do custo marginal de produção de energia e mesmo assim ter o despacho da sua energia produzida. Por exemplo: um agente gerador em posição estratégica, mesmo possuindo um custo de MWh elevado é despachado, devido às restrições de transmissão.

---

<sup>6</sup> A concepção de eficiência é a proposição básica de eficiência econômica, associada à eficácia social e ambiental para o desenvolvimento da Nação.

Existindo o poder de monopólio de agente(s) de mercado, podem ocorrer três tipos de ineficiência (Pinho *et al*, 1998, p. 209):

*I - Ineficiência alocativa*

- Surge diretamente do exercício do poder do monopólio, ou seja, o fato do preço de um agente ser superior ao custo marginal “faz com que o consumo seja inferior àquele que seria socialmente desejado, de tal modo que abre-se espaço para uma intervenção do Estado no sentido de promover a concorrência e corrigir essa distorção”;

*II - Ineficiência produtiva*

- Refere-se à perda de motivação de um agente que desfruta de lucros elevados, refletindo-se em um pequeno esforço gerencial e produtivo. Em outras palavras: quando se ocupa uma posição estratégica com elevados lucros, são desnecessários, senão minorados, os investimentos e o desenvolvimento tecnológico para o melhor atendimento da demanda. Uma ação do Estado nesta ocasião pode ser benéfica;

*III - Ineficiência dinâmica*

- Trata de situação em que os agentes vêem-se menos estimulados a promover investimentos em capacitação tecnológica. A concorrência é o grande motor da busca de novos produtos, novos mercados e novos processos produtivos. Sem concorrência, o estímulo à atividade inovativa vê-se diminuído.

Este é, segundo Pinho *et al* (1998, p. 209), um dos instrumentos para analisar as políticas de defesa da concorrência. Uma vez identificados os elementos da estrutura de mercado ou as práticas das empresas geradoras que são danosos à concorrência, o Estado pode fazer uso da Legislação Antitruste<sup>7</sup>, a fim de atenuar as ineficiências derivadas do poder de mercado estabelecido.

A diferença que existe entre uma empresa perfeitamente competitiva e uma empresa com poder de mercado, segundo Pindick e Rubinfeld (2002, p. 339), é que para a competitiva, o preço é igual ao custo marginal e para aquela com poder de monopólio, o preço é superior ao custo marginal. Neste caso, a forma “de medir o poder de monopólio é examinar a medida pela qual o preço que maximiza o lucro excede o custo marginal”.

Pode-se utilizar a relação de *markup* (*margem de lucro*) - preço menos custo marginal, dividido pelo preço - denominada:

---

<sup>7</sup> “Atua sobre a formação de preços em mercados onde o exercício do poder de mercado é um fato e oligopolizado, e sobre a conduta das empresas” (Pinho *et al*, 1998, p. 636). Ver Maiores detalhes sobre a legislação antitruste: implementação e exemplos em Pindick e Rubinfeld (2002, p. 358-363)

$$L = \frac{P - CMg}{P} \quad (a) \text{ ou } L = \frac{P - CMg}{P} = -\frac{1}{E_d} \quad (b) \quad \text{Equação 1- Índice de Lerner de Poder de Monopólio}$$

Onde:

$L \rightarrow$  Índice de Lerner;

$P \rightarrow$  Preço;

$CMg \rightarrow$  Custo Marginal;

$E_d \rightarrow$  Elasticidade da demanda da empresa<sup>8</sup>.

Uma empresa num ambiente perfeitamente competitivo tem em (a)  $P = CMg$ , portanto  $L = 0$ . Quanto maior for  $L$ , maior será o grau de poder de monopólio. Esse índice também pode ser expresso pela elasticidade da demanda da empresa (b) e não do mercado (a). Assim, o índice de Lerner torna-se mais apropriado ao mercado de energia. A única ressalva é a sua aplicação para consumidores cativos de possibilidades restritas, devido à pouca elasticidade e exercício efetivo destes como agentes consumidores no mercado.

Mesmo que os agentes tenham autonomia para traçar sua conduta, o seu conjunto de estratégias é condicionado pela estrutura de mercado. É por causa deste aspecto que o paradigma estrutura-conduta-desempenho torna-se extremamente útil para a análise do mercado de energia. Quando há barreiras, ou seja, restrição no livre acesso ao sistema de transmissão ou restrição de potência (gargalos) no mesmo sistema, há espaço de atuação para o poder de monopólio, permitindo que os agentes perpetuem uma política de elevação de preços. Desta forma, a estrutura de mercado condiciona a decisão estratégica. A estrutura de mercado é determinada por condições básicas de oferta e demanda, da elasticidade do consumo de energia e das características da tecnologia de produção. Esta última é expressa na função de produção e define a existência de economias de escala.

A função de produção demonstra, segundo Pindick e Rubinfeld (2002, p. 176-177), a relação existente entre os insumos do processo produtivo e o produto resultante. A função mostra o produto máximo que uma empresa pode obter para cada combinação específica de insumos. Uma função de produção indica o produto, ' $Q$ ', que uma empresa produz para cada combinação de insumos. Por exemplo: Para uma empresa com apenas dois insumos, o trabalho, ' $L$ ', e o capital, ' $K$ ', têm-se a seguinte expressão:

---

<sup>8</sup> A elasticidade de demanda da empresa é obtida da análise de reação dos concorrentes frente às variações de preço da mercadoria da referida empresa.

$$Q = F(K, L)$$

Equação 2 - Função de Produção

Onde:

$Q \rightarrow$  Volume de produção;

$K \rightarrow$  Custo relativo ao capital empregado;

$L \rightarrow$  Custo relativo ao trabalho empregado.

É válido ressaltar que os insumos e produtos são fluxos e que tal função permite que os insumos sejam combinados em proporções variadas e, assim, permitem diversas maneiras de gerar um volume de produção<sup>9</sup>. A função de produção aplica-se a uma determinada tecnologia, ou seja, um determinado grau de conhecimento sobre os métodos de expansão do sistemas de energia, tanto pelo lado da oferta como pelo lado da demanda, tendo em vista que à medida em que a tecnologia avança, a função de produção se modifica. Portanto, a função de produção descreve o que é tecnicamente viável quando os agentes operam eficientemente.

O paradigma de estrutura-conduta-desempenho possui várias críticas e, como apresentado por Pinho *et al*, (1998, p. 211), pode ter um caráter estático e ressentir-se de uma teoria consolidada, mas ainda assim pode ser um dos principais instrumentos de intervenção do Estado. Considerar a estrutura de mercado como uma variável exógena torna-se limitante quando as evoluções tecnológica e política são intensas.

## **2.4 Da regulamentação do sistema de mercado de energia: conceitos e falhas**

O sistema de mercado de energia deve assegurar o uso eficiente dos recursos para a produção de bens de caráter privado, como *commodity* (*mercadoria*). Sabe-se que a contabilidade nacional é afetada em seus indicadores de desempenho internacionais, como o PIB (Produto Interno Bruto) e PNL (Produto Nacional Líquido) por exemplo, quando há alteração na produção de bens e serviços dentro do sistema produtivo. O processo produtivo é intercalado, obrigatoriamente, pelo uso de energia em seu modo de produção e a precariedade dos meios que garantam os recursos necessários para produção de energia pode inviabilizar ou onerar o sistema produtivo nacional de bens e serviços. Segundo Althusser (1998, p. 53-55), “não há produção possível sem que seja assegurada a reprodução das condições materiais da

---

<sup>9</sup> A representação de todas as combinações possíveis de insumos a fim de obter um determinado volume de produção pode ser plotado em gráfico e dá origem a curvas chamadas de Isoquantas. Mais informações ver Pindick e Rubinfeld (2002, p. 177).

produção: a reprodução dos meios de produção”. É, portanto, necessário prever a reposição do que se esgota ou se utiliza na produção de energia elétrica; caso contrário o sistema de mercado não poderá funcionar eficientemente.

Uma das formas de assegurar o funcionamento eficiente do sistema de mercado é a regulamentação; definida por Pinho *et al.* (1998, p. 227), como um conjunto de regras particulares ou de ações específicas implementadas por agências administrativas para interferir diretamente no mecanismo de alocação de mercado ou indiretamente alterando as decisões de oferta e procura de consumidores e produtores. Assim, uma função do Estado seria gerar instrumentos para contornar as falhas e garantir a melhoria da eficiência alocativa do sistema de mercado de energia.

A “reestruturação” do serviço de energia faz apologia às mesmas regras de mercado baseadas em mercadorias, assim recompensa a maximização das vendas ao menor preço, ao invés dos melhores serviços a custo mais baixo. A inclusão das alternativas pelo lado da demanda no mercado de oportunidades torna-se necessária a fim de reduzir a dicotomia de interesses por um serviço de função social. Um exemplo disto é citado por HAWKEN *et al.*, (1999: 257): Alguns Estados norte-americanos regulamentaram o preço da energia, motivo pelo qual os ganhos dos distribuidores de eletricidade a varejo decuplicaram, de modo que esse serviço já não é recompensado por vender mais energia nem penalizado por vender menos.

Os fornecedores ficam com uma parte do que economizam na conta do consumidor . Mediante esse plano, a *Pacific Gas and Electric Company*, somou mais de 40 milhões de dólares em retorno sem risco ao seu balanço, ao mesmo tempo que poupava ao consumidor nove vezes esse valor (Hawken *et al.*, 1999, p. 257).

É evidente que este tipo de ação deve ser estudado no caso brasileiro, porém com ressalvas, pois trata-se de uma outra cultura e, portanto, outro comportamento de consumo.

A regulamentação deve criar efetivas condições de acesso justo ao sistema de energia elétrica e à informação de mercado, promover a eficácia da lei Antitruste e prevenir abusos de mercado e de poder político.

## **2.5 Dos meios de produção do capital no mercado de energia: a sustentabilidade dos recursos naturais**

Como já mencionado, deve-se assegurar a reprodução dos meios de produção, ou seja, no caso da energia, deve-se assegurar a reprodução dos recursos naturais de potencial energético, que são os insumos fundamentais para produzir energia. Assim, é necessário traçar a distinção vital entre produção e auto-reprodução dos meios. A importância de fazer essa distinção reside no fato de que os agentes de mercado não estão preocupados com a produção em si, mas somente com a auto-reprodução do seu capital.

Em certas circunstâncias, os objetivos da auto-reprodução do capital e da produção podem coincidir no sentido positivo e, quando isso ocorre, o sistema de mercado de energia pode cumprir a sua função social. Em oposição, a produção de energia e a auto-reprodução do capital podem demonstrar uma projeção preocupante para o futuro. Os recursos naturais necessários para produção de energia num sistema de mercado pode, segundo Mészáros (2002, p. 699), apresentar barreiras para a produção capitalista, as quais hoje são suplantadas pelo próprio capital de maneira que asseguram inevitavelmente apenas a própria reprodução do capital (fato verificado em extensão contínua e constante crescimento). Isso costuma ser uma auto-reprodução destrutiva, em oposição antagônica à produção genuína que internaliza os custos externos, redirecionando o fluxo de capital segundo as transformações orgânicas resultantes. Há, então, a necessidade que o sistema de mercado de energia absorva, por meio de um planejamento coerente com a realidade do capital energético, instrumentos para prover um sistema de proteção e sustentabilidade dos recursos naturais potencialmente energéticos.

A viabilidade desses instrumentos de mercado está diretamente condicionada pelo problema de falhas de mercado, ou seja, quando as transações no mercado produzem efeitos “positivos” ou “negativos” (causam externalidades) a terceiros<sup>10</sup>, que dão origem a benefícios ou custos não refletidos nos preços de mercado, ocasionando a exploração superior à capacidade de sustentabilidade dos recursos naturais do sistema de produção de energia elétrica. O papel da regulamentação, nestes casos, seria avaliar os custos externos e redistribuí-los aos seus causadores.

---

<sup>10</sup> Cf. Das falhas de mercado: as externalidades e os bens públicos, página 24

Pode se notar facilmente a presença de externalidades na produção de energia elétrica, desde as emissões de gases poluentes como os óxidos de enxofre e nitrogênio, que são responsáveis pela chuva ácida e gases de efeito estufa como o CO<sub>2</sub>. Enfim, impactos (hídricos, climáticos, erosão, fauna, flora, etc...) sobre os ecossistemas. De acordo com Müller (1995, p. 1), a importância dos aspectos sócio-ambientais nos custos dos empreendimentos era antes desconsiderada, porém uma nova cultura política e econômica vem exigindo atenção às consequências dos projetos, o que elevou os dispêndios dos estudos sociais e ambientais a patamares de 5% a 20% do custo tradicional nos estudos de engenharia.

O fato é que a correção das externalidades não é trivial, existem várias dificuldades de natureza técnica, tais como:

- ✚ Mensurar o quanto as pessoas foram afetadas por uma determinada fonte de poluição, além de como repartir o ônus entre os poluidores;
- ✚ Identificar corretamente os direitos de propriedade, pois os direitos de uso exclusivo não são completamente definidos e os recursos naturais podem tornar se, de fato<sup>11</sup>, de livre acesso;
- ✚ Regular os recursos naturais, que são os insumos fundamentais dos meios de produção de energia;
- ✚ Definir os melhores instrumentos para que os custos externos relacionados à produção de energia sejam internalizados como parte dos custos privados de produção.

O sistema de direitos, que define as atribuições do poder público sobre o uso dos recursos naturais em atividade produtiva, pode ser encontrado na Constituição Federal no artigo nº 225<sup>12</sup>, e no que diz respeito à regulamentação dos mercados, pode se destacar os incisos IV e V deste mesmo artigo com aplicabilidade ao sistema de mercado de energia.

No caso de agências e instrumentos, o sistema nacional de meio ambiente é dirigido por um conselho nacional. Tendo em vista os parâmetros ambientais, as agências dispõem de três instrumentos de controle<sup>13</sup>, segundo Pinho *et al* (1998, p. 239):

- ✚ Os estudos e relatórios de impacto ambiental EPIA/RIMA;
- ✚ As licenças de funcionamento;
- ✚ A fiscalização de emissões de poluentes;

---

<sup>11</sup> Em ordenamento jurídico.

<sup>12</sup> Cf. Anexo B - Constituição Federal e o Meio Ambiente, página 127

<sup>13</sup> Cf. Anexo A - Do Licenciamento Ambiental, página 122

## 2.6 Do livre mercado de energia e outras percepções equivocadas

Assim como a democracia exige o exercício da cidadania informada e esclarecida, o mercado de energia exige um grau comparável de responsabilidade para funcionar de forma eficaz. Vale lembrar que a função do mercado é alocar eficientemente os recursos escassos a curto prazo, o que gera um descompasso com os recursos naturais, que devem ter o seu uso planejado num horizonte a longo prazo a fim de considerar o seu uso também pelas gerações posteriores. Esta é uma das principais discussões implicitamente debatida ao utilizar a metodologia multicritério no planejamento de sistemas de energia. Deve haver uma reformulação da função e dos objetivos do sistema de mercado para a energia e os recursos naturais, caso contrário, a reprodução dos meios necessários para a produção de energia elétrica será comprometida e o funcionamento do sistema de mercado será inadequado.

Segundo Pindick e Rubinfeld (2002, p. 596-598), o sistema de mercado pode apresentar falhas devido a quatro razões básicas:

### *I - Poder de mercado*

↳ A prática usual de cobrar lucrativamente um preço mais alto do que o custo marginal.

### *II – Informações incompletas*

↳ Os consumidores não têm informações precisas sobre os preços de mercado ou da qualidade da energia e assim o sistema pode não operar eficientemente. Se uma das partes possui mais informações do que a outra, existe um mercado com informações assimétricas. Isto explica a razão de muitos arranjos institucionais, como: garantias, contratos com incentivos e recompensas.

### *III – Externalidades*

↳ O sistema de preços funciona quando os preços de mercado transmitem informações tanto a produtores quanto a consumidores. Porém, os preços de mercado podem não refletir o que realmente acontece entre produtores ou entre consumidores. A externalidade ocorre quando a atividade de produção possui um efeito indireto sobre outras atividades de consumo ou produção e isto não se reflete no preço de mercado. Por exemplo: uma indústria química que emite os resíduos de sua produção em um rio que abastece uma população a jusante da emissão do efluente.



#### IV – *Bens públicos*

- ✚ Quando o mercado não consegue oferecer uma mercadoria valorizada por muitos consumidores. Um bem público é uma mercadoria que pode ser disponibilizada a baixo custo para muitos consumidores, o que diminui o lucro e, portanto, o mercado tende a ofertar uma quantidade reduzida ao mínimo necessário. Por exemplo: água.

Diante dessas possíveis falhas, o planejamento de sistemas de energia em ambiente de mercado deve ponderar o seguinte:

- ✚ Os preços são absolutamente exatos, atuais e os sinais de preço refletem todos os custos da sociedade sem fatores externos?
- ✚ Nenhum recurso deixa de ser empregado ou é sub-empregado, não existem subsídios, barreiras ou impedimentos de acesso ao mercado de energia ou a rede básica do sistema de energia elétrica e a taxa de juros são compatíveis com o risco?

Um dos conceitos básicos para o capitalismo, segundo Hawken *et al*, (1999, p. 249), é o fluxo de capital, que flui em direção aos melhores retornos compatíveis com o risco. O planejamento deve observar e, se possível, gerar mecanismos que evitem ou reduzem a manipulação de fluxos de capitais por agentes com maior poder de mercado, senão poderia ocorrer imposição de distorções e imperfeições no fluxo de capital do mercado de energia afetando os participantes e consumidores. Os maiores fluxos de capital do mundo estão ocorrendo, atualmente, junto a oportunidades de investimentos nos sistemas de energia e no fornecimento público de serviços.

O paradigma do livre mercado, como força geradora de ordem econômica, pode originar os seguintes fatos:

- ✚ A auto-reprodução dos meios de produção (recursos naturais) para satisfazer às necessidades energéticas pode ficar comprometida e junto com o aumento da demanda, serve como justificativa para o aumento de preço da energia.
- ✚ Somente pelos sinais de mercado, uma parcela significativa da população e do setor propriamente dito produtivo jamais será priorizada e permanecerá excluída. A reforma do setor elétrico deve considerar essa questão estratégica, simultaneamente, no âmbito da economia e desenvolvimento do Estado-Nação brasileiro.
- ✚ As alocações de capital em geração e transmissão terão forte “dirigismo” devido à ausência do Estado, que tornou-se enfraquecido em razão da ideologia liberal de privatização e desregulação econômica que priorizou, de acordo com Rosa *et al*, (1998, p. 12), interesses fiscais e macroeconômicos em detrimento da constituição do novo marco regulatório e da definição de

mecanismos de atração de capitais privados na expansão do sistema. Desta forma, o executivo distancia-se do aprimoramento do setor em benefício do consumidor, do contribuinte e do cidadão colocando em xeque a função social e estratégica da energia.

O livre mercado, em sua concepção como meio de acumulação de capital, tende a considerar a natureza como fonte “inesgotável” de beleza e recursos a ser explorada e apropriada individualmente<sup>14</sup>, pois a sua posse se transforma em riqueza. O surgimento da natureza e seus recursos como uma nova mercadoria justifica, conforme Montibeller, (2001, p. 58), a necessidade de valorização que se impõe ao capital, isto é, a exigência ou imperativo sistêmico da obtenção de lucro. O processo de valorização do capital ocorre mediante investimentos que devem propiciar retorno na forma de lucros líquidos ao capitalista. Não há, então, qualquer “visão idealista” sobre a intenção do mercado em incluir a valorização dos recursos naturais no sistema produtivo e financeiro senão o lucro.

## **2.7 Das falhas de mercado: as externalidades e os bens públicos**

O uso eficiente dos recursos ambientais não poderia ser calcado numa “produção destrutiva”<sup>15</sup> se as condições de eficiência fossem obedecidas. Em uma visão de mercado Motta, (1998, p. 202), afirma que a alocação ótima dos recursos ambientais poderia ser resolvida, via mercado, sem qualquer intervenção governamental. Para tanto, o uso destes recursos deveria ser orientado por preços que representassem as taxas de substituição no consumo ou a transformação em relação aos outros bens da economia. Mas o uso dos recursos ambientais gera custos e benefícios que não são captados no sistema de mercado de energia, como será visto a seguir.

Um dos métodos para reduzir o equívoco que acompanha os subsídios e outras distorções no mercado de energia seria discretizar e contabilizar os custos sociais e ambientais para o setor de energia. A internalização dos custos sócio-ambientais é um método entendido como necessário por várias economias, como no exemplo dado por Hawken *et al*, (1999, p. 260-261), ao relatar que as autoridades que regulam os serviços públicos de trinta Estados norte-americanos passaram a considerar alguns fatores externos ao avaliar as propostas de aquisição de recursos energéticos, uma vez que os serviços

---

<sup>14</sup> A propriedade privada proporciona, para quem a possui, o aval para dilapidá-la em proveito próprio às custas do trabalho de outros que não a detêm.

<sup>15</sup> O conceito de produção destrutiva pelo sistema de capital é amplamente discutido por Mészáros (2002, p. 605-982).

não o fazem sem embargo. Enquanto o princípio poluidor pagador, aceito em praticamente todos os países industrializados desde a década de 1970, não for verdadeiramente implementado no apreeçamento da energia, os preços continuaram a refletir a suposição tácita de que o futuro não tem valor e o meio ambiente não importa. Assim, os cálculos da eficácia de custo baseados unicamente no custo privado interno continuarão a ser um sistema de valor dissimulador. Este exemplo confirma o raciocínio segundo o qual os sinais de preço, na ausência da internalização dos custos sócio-ambientais, não discriminam as despesas de serviço público e, junto com uma política tributária assimétrica, distorcem as escolhas de alternativas energéticas.

O livre mercado de energia pode gerar problemas sociais e ambientais, que são derivados de falhas e, portanto, indesejáveis. Segundo o pensamento de coerência liberal, tais falhas tendem a ser absorvidas pelo próprio funcionamento do mercado de maneira espontânea ou induzida. A isto, contrapõe-se a idéia de que o mercado só absorverá os custos sociais e ambientais quando pressionado pelos consumidores e/ou Estado. Neste contexto de conflito, o planejamento deve ser concebido para agregar também os custos sociais e ambientais inerentes ao funcionamento do sistema produtivo de energia e a todo o sistema capitalista de produção.

## **2.8 Das externalidades: os conceitos e os princípios microeconômicos**

A economia neoclássica parte da idéia de que todo recurso ou serviço não incluído no mercado (externalidade) pode receber uma valoração. O princípio básico refere-se à pretensão que a degradação da grande maioria dos recursos naturais seja interrompida antes de sua irreversibilidade. Para o mercado de capitais<sup>16</sup> é uma ação válida, porém para a sustentabilidade dos recursos naturais é paliativa.

A valoração monetária procura satisfazer a necessidade do capital sobre os preços dos bens econômicos que não refletem o verdadeiro valor da totalidade dos recursos usados no sistema produtivo. Por isso, os mercados falham em alocar eficientemente os recursos, o que produz disparidade entre os custos privados (assumidos pela empresa) e os custos sociais (não assumidos pela

---

<sup>16</sup> O mercado de capital tem por definição que a ação é válida quando esta produz um acúmulo de capital apropriado em curto prazo. Contudo, o meio ambiente não reproduz as condições satisfatórias de uso no mesmo prazo que o capital requer.

empresa, logo socializados). O princípio fundamental para a valoração dos recursos naturais é obtido quando a eficiência econômica atinge a posição de equilíbrio geral, *coeteris paribus*<sup>17</sup>, nas decisões de alocação de recursos, desde que seja considerado o valor total usado na produção. As decisões sobre os recursos naturais na economia devem considerar os custos sociais, incluindo-os nos custos privados, por meio do processo de internalização das externalidades. Esta ação, segundo Jannuzzi e Swisher, (1997, p. 185), permite fazer uma comparação econômica direta entre as tecnologias convencionais de produção de energia e aquelas ditas mais “limpas”.

As externalidades podem ser definidas, de acordo com Pindick e Rubinfeld, (2002, p. 632), como a “ação pela qual um produtor ou um consumidor influencia outros produtores ou consumidores, mas não sofre as conseqüências disso sobre o preço de mercado”. Assim, as externalidades podem surgir entre os atores envolvidos no serviço de energia sempre que terceiros ganham sem pagar por seus benefícios marginais ou percam sem ser compensados por suportarem o malefício adicional, ocasionando uma variação em suas condições de bem-estar.

### 2.8.1 Variações de bem-estar

O bem-estar do sujeito (coletivo ou individual) é afetado não só pelas próprias atividades como também pelas ações de outros. O nível de bem-estar ou utilidade é definido por Motta, (1998, p. 204), da seguinte forma:

$$U_j = [X_{1j}, X_{2j}, \dots, X_{nj}, f(X_{mk})] \quad j \neq k$$

**Equação 3 - Nível de Utilidade  
sujeito a Externalidade**

Onde:

$X_{nj} \rightarrow$  São as atividades do sujeito  $j$ ;

$X_{mk} \rightarrow$  São as atividades do sujeito  $k$ ;

$U_j \rightarrow$  É o nível de utilidade<sup>18</sup> para o sujeito  $j$

$f(X_{mk}) \rightarrow$  É uma função da atividade  $X_{mk}$  de  $k$  que afeta a atividade  $X_{nj}$  de  $j$ .

<sup>17</sup> Expressão latina que significa, segundo Pinho *et al* (1998, p. 625), “tudo o mais constante”. Na microeconomia, analisa-se um dado mercado isolado dos demais. É a análise do equilíbrio parcial.

<sup>18</sup> Cf. Anexo C - Princípios Microeconômicos, página 129

Desta forma, as externalidades para as quais os indivíduos são indiferentes não representam uma questão econômica<sup>19</sup>. Contudo, o indivíduo afetado  $j$  não é indiferente à atividade  $X_{mk}$  do indivíduo  $k$  e deseja que  $k$  modifique seu comportamento em relação a esta atividade, mas o preço desta não se realiza no mercado. Então esta externalidade é chamada de externalidade Pareto-relevante<sup>20</sup>.

Quando a externalidade é valorada e precificada corretamente, o bem-estar de  $j$  terá melhoras adicionais somente com a redução do bem-estar de  $k$ , portanto “o malefício residual imposto a  $j$  deixa de ser Pareto-relevante”. Segundo Motta, (1998, p. 204), somente as externalidades Pareto-relevantes podem ser corrigidas de tal forma que a parte afetada melhore seu nível de bem-estar sem reduzir o bem-estar da parte geradora da externalidade.

Os recursos naturais então variam conforme o bem-estar do sujeito e podem ser mensurados, segundo a teoria utilitarista, como externalidades positiva e negativa.

➤ Negativas: a ação de umas das partes impõem custos à outra.

➤ Positivas: a ação de umas das partes beneficia a outra.

## 2.8.2 Externalidades negativas

Segundo a lógica utilitarista, as externalidades negativas são custos externos e deveriam ter preços negativos por significarem perda de utilidade. Para conceituar as externalidades negativas, suponha o exemplo de uma usina termelétrica que emite poluentes atmosféricos. O Gráfico 1 apresenta a decisão de produção da usina em um mercado competitivo e o Gráfico 2 mostra as curvas da demanda e da oferta de mercado, uma vez que todas as usinas gerem externalidades semelhantes. Considerar que a usina tenha uma função de produção de proporções fixas (insumos e emissões) e, portanto, a quantidade de efluentes pode ser reduzida somente pela diminuição do volume de produção.

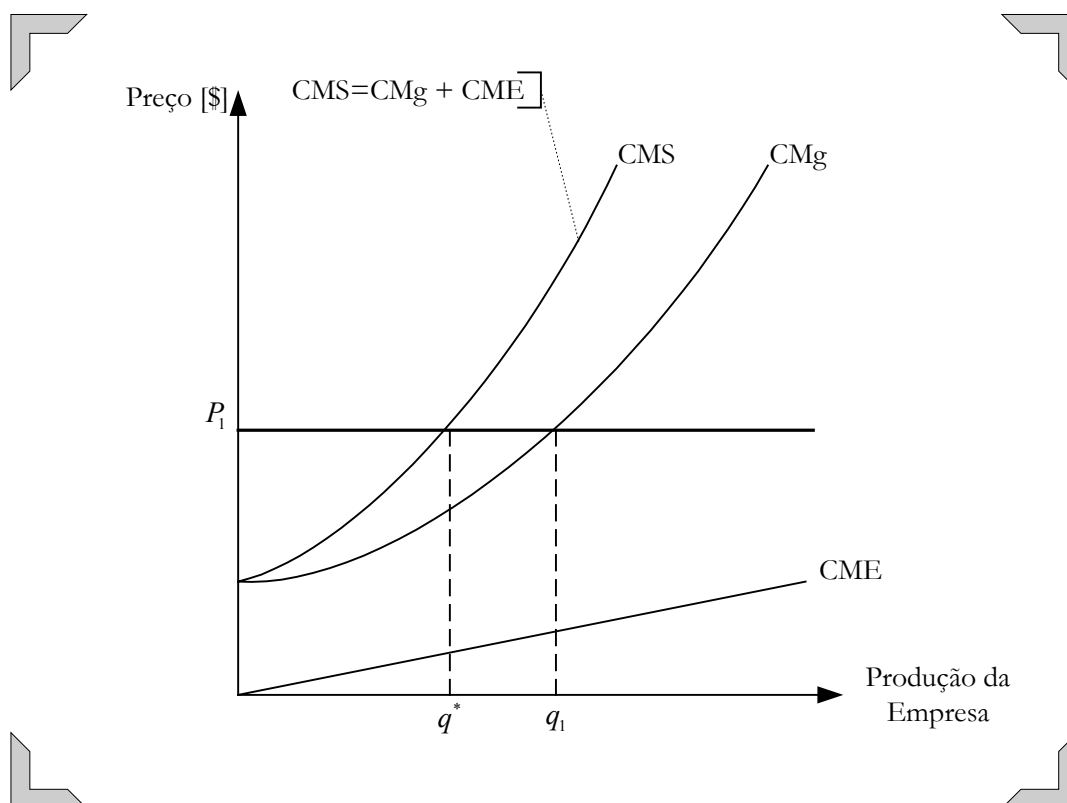
O preço de despacho definido é  $P_t$ , que se encontra na interseção entre as curvas da oferta, ‘ $CMg$ ’, e da demanda, ‘ $D$ ’, do Gráfico 2. A curva, ‘ $CMg$ ’, na Gráfico 1 apresenta um típico custo marginal de

<sup>19</sup> “Ou seja, o aumento função da atividade  $X_{mk}$  de  $k$  que interfere na atividade  $X_{mj}$  de  $j$  não afeta o nível de utilidade do indivíduo  $j$   $\left[ \frac{\partial U_j}{\partial f(X_{mk})} = 0 \right]$ ; portanto, é possível que os indivíduos não tenham a capacidade de perceber as perdas de bem-estar associadas ao uso do recurso no tempo” (Motta, 1998, p. 204).

<sup>20</sup> Segundo uma estrutura de mercado em concorrência perfeita os recursos devem ser empregados com o máximo de eficiência alocativa (ver O paradigma de estrutura-conduta-desempenho página 15). Desta forma revela-se uma situação de equilíbrio para os agentes de mercado, pois nenhuma transação entre eles poderia melhorar a situação de um sem piorar a de outros (Pinho *et al.*, 1998, p. 223).

produção. O agente gerador maximiza o lucro ao produzir a quantidade  $q_1$ , no qual o custo marginal é igual ao preço, que por sua vez é igual à receita marginal, já que o agente adotou preço fixo. Porém, conforme o nível de produção é alterado, o custo externo imposto à população e o ecossistema variam. Como o custo marginal externo, ' $CME$ ', varia à medida que a usina produz quantidades adicionais de emissões atmosféricas, o prejuízo incremental para a população afetada aumenta.

**Gráfico 1 – Custo Externo de Produção da Empresa**



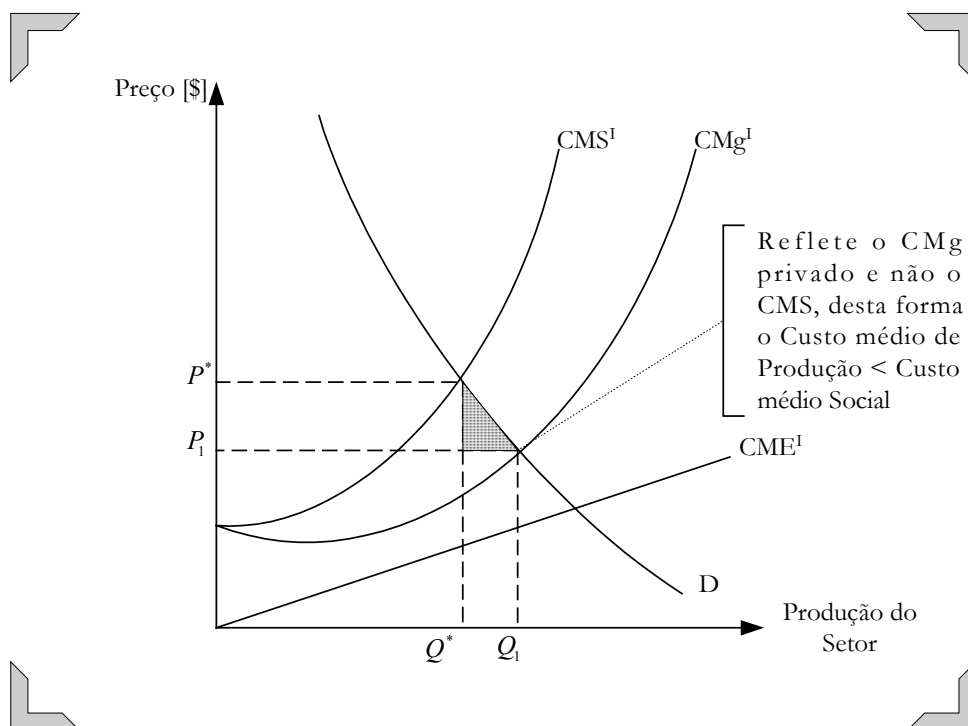
Fonte: Adaptado de Pindick e Rubinfeld (2002, p. 632)

O nível de produção eficiente é aquele cujo preço de produto é igual ao custo marginal social, ' $CMS$ ', que é obtido pela soma do custo marginal da produção com o custo marginal externo, para cada nível de produção. Como apenas um agente do mercado gerador termelétrico é despachado e único nas emissões atmosféricas, seu preço no mercado permanece inalterado.

Caso seja considerada mais de uma usina termelétrica despachada e emitindo seus poluentes atmosféricos, no Gráfico 2, a curva  $CMg^I$  representa a curva de oferta do setor. A Curva de custo marginal social associada ao nível de produção do setor, ' $CME^P$ ', é obtida pela soma do custo marginal de cada ação preventiva e mitigatória relativa aos danos causados à população afetada em cada nível de produção. O nível de eficiência de produção do setor é aquele para qual o benefício marginal obtido

mediante a produção de uma unidade adicional de energia é igual ao custo marginal social. Como a curva da demanda mede o benefício marginal dos consumidores, o nível de produção eficiente se encontra em  $Q^*$ , entretanto o nível competitivo do setor se encontra em  $Q_I$ .

**Gráfico 2 - Custo Externo de Produção do Setor**



Fonte: Adaptado de Pindick e Rubinfeld (2002, p. 632)

Neste exemplo, cada unidade de produção acarreta a emissão de certa quantidade de poluente atmosférico. Portanto, quer para a produção de um agente gerador ou para todos, a ineficiência econômica está no preço incorreto do produto e/ou no excesso de produção. O preço  $P_1$  é muito baixo, pois se trata de um valor que reflete apenas o custo marginal privado da produção e não o custo marginal social. O excesso de produção pode ser encarado como a ausência de oportunidades pelo lado da demanda e excesso pelo lado da oferta de energia.

O custo dessa ineficiência para sociedade é obtido em quaisquer níveis de produção maiores que  $Q^*$ , o custo social é obtido por meio da diferença entre o custo social marginal e o benefício marginal. Como resultado, o custo social agregado é mostrado no Gráfico 2 pelo triângulo sombreado.

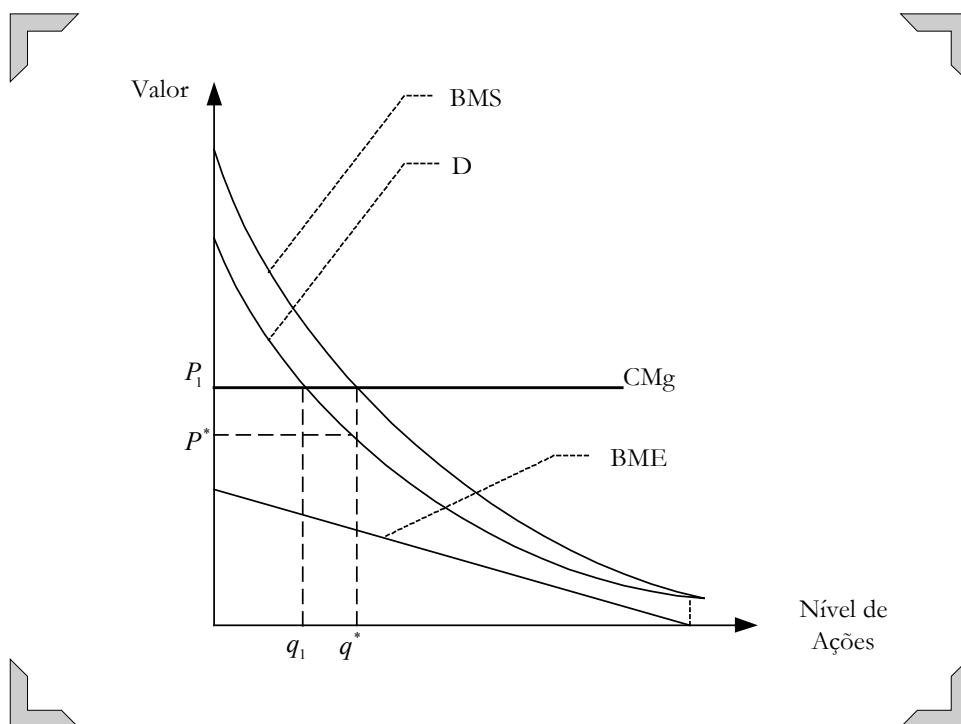
As externalidades são responsáveis pelas ineficiências de mercado tanto no longo quanto no curto prazo. Segundo Pindick e Rubinfeld, (2002, p. 249-283), pode-se deduzir que os agentes de mercado

entram no setor competitivo sempre que o preço da energia estiver acima do custo médio de produção e saem do mercado sempre que o preço está abaixo do custo médio. No longo prazo, o preço é igual ao custo médio. Com a ocorrência de externalidades negativas, o custo médio da produção será inferior ao custo médio social, portanto alguns agentes de comercialização e geração permanecem no mercado mesmo que sua saída seja mais eficiente.

### 2.8.3 Externalidades positivas

Segundo a lógica utilitarista, as externalidades positivas deveriam ter preços positivos por representarem benefícios não apropriadamente pagos. O exemplo citado por Pindick e Rubinfeld, (2002, p. 634), define melhor este conceito. No caso, um proprietário de uma residência que reforma a casa e faz um jardim. No Gráfico 3, o eixo horizontal mede o investimento do dono da casa feito em reparos e no jardim. A curva de custo marginal desses dois itens mostra o custo de reparos e do jardim feitos na casa. Essa curva é horizontal, pois o custo não é afetado pela variação da quantidade desses serviços que as pessoas poderiam realizar.

Gráfico 3 - Benefícios Externos



Fonte: Adaptado de Pindick e Rubinfeld (2002, p. 634)



A curva da demanda, ‘ $D$ ’, mede o benefício marginal privado dos reparos do jardim para o proprietário. O proprietário optará por investir  $q_I$  nesses itens. Contudo, os reparos e o jardim resultam em benefícios externos para os vizinhos, representados pela curva de benefício marginal externo, ‘ $BME$ ’, que possui inclinação descendente, já que o benefício marginal é grande para uma pequena quantidade de serviços desse tipo, mas decresce à medida que eles se tornam mais amplos.

A ineficiência surge porque o proprietário não recebe todos os benefícios do seu investimento no melhoramento externo e na conseguinte valorização dos imóveis vizinhos. O preço  $P_I$  torna-se elevado para que ele invista no nível socialmente desejável e o preço mais baixo  $P^*$  é necessário para estimular o nível eficiente de oferta,  $q^*$ . O benefício marginal externo pode ser definido como o aumento de benefício para as outras partes envolvidas quando um agente de mercado aumenta a produção em uma unidade.

### 2.8.4 Considerações

Segundo os princípios microeconômicos, a restrição orçamentária de um indivíduo seria:

$$R_j = \sum_n p_n X_{nj}$$

**Equação 4 - Restrição  
Orçamentária**

Onde:

$R_j \rightarrow$  É a renda do sujeito  $j$

$p_n \rightarrow$  O preço da atividade  $X_{nj}$  do sujeito  $j$ .

Esta equação enuncia que o orçamento do sujeito  $j$  não é influenciado pelo nível da atividade  $X_{mk}$  do sujeito  $k$ , a qual é responsável pela externalidade negativa. Portanto, a atividade  $X_{mk}$  do sujeito  $k$  não aparece na restrição orçamentária de  $j$ , pois seu preço é efetivamente nulo para  $j$ .

Para o sujeito maximizar seu bem-estar a condição necessária será que a taxa marginal de substituição entre dois bens seja igual à relação dos preços destes bens. Portanto, segundo Motta, (1998, p. 205-206), a  $f(X_{mk})$ , a atividade geradora de externalidade negativa tem utilidade marginal negativa e as atividades  $X_{nj}$ , por sua vez, apresentam utilidade marginal positiva, então  $p_n$  é positivo e o preço de  $f(X_{mk})$  é negativo. Logo:

$$TSB_{X_{nj}, f(X_{mk})} = \frac{p_n}{P_{f(X_{mk})}} < 0$$

**Equação 5 - Condição de  
Maximização da Utilidade Marginal**

Onde:

$TSB \rightarrow$  é a taxa marginal de substituição.

$p_{f(X_{mk})} \rightarrow$  é o preço da atividade  $X_{mk}$  do sujeito  $k$  que afeta a atividade  $X_{nj}$  do sujeito  $j$ .

Pode-se ter os seguintes casos derivados da Equação 5:

- Se  $p_{f(X_{mk})}$  é zero a condição de maximização de bem-estar é violada.
- Se  $p_{f(X_{mk})}$  for negativo, ao invés de zero, ele influenciará tanto o indivíduo afetado como aquele gerador da externalidade.

Esta estruturação de problema induz à conclusão, que o indivíduo afetado teria um incentivo para suportar a externalidade, pois com preços negativos, por exemplo recebimento de compensações, sua utilidade total aumentará. Assim, o indivíduo gerador teria um incentivo para reduzir os custos externos, pois sua renda diminui quando aumenta o nível da atividade  $f(X_{mk})$  na medida em que deve pagar uma compensação (preço negativo). Ainda segundo Motta, (1998, p. 205), mesmo negativo, cada nível de  $p_{f(X_{mk})}$  determinará um nível de alocação de recursos para o mercado de forma eficiente. Para tal, a mensuração de  $p_{f(X_{mk})}$  tem que refletir o preço-eficiência (preço-sombra) destes recursos ambientais, igualando-se ao custo de oportunidade dos outros bens da economia.

Torna-se evidente que as considerações de restrição orçamentária e a condição de maximização da utilidade marginal, descritas por Motta, (1998, p. 204-206), são paliativas e ineficientes, caso a sociedade não esteja disposta ou não possui, a condição ou disposição de pagar. Nessas condições, o ambiente político torna-se impróprio para ações no âmbito jurídico e econômico. Cabe aqui a ressalva, de que o mercado é apenas uma entidade transacional de valores, não legitima ações e não compete a ele (mercado) nenhum exercício de poder<sup>21</sup> determinístico e sim aos agentes que ditam o movimento do mercado.

## 2.9 Das políticas públicas de correção das externalidades

Uma norma regulatória deve proteger os recursos naturais da espoliação e assegurar a continuidade das atividades antrópicas. As políticas públicas são intervenções constituídas no âmbito do Estado, e

---

<sup>21</sup> O exercício de poder refere – se “à capacidade ou à possibilidade de agir, de produzir efeitos. Tanto pode ser referida a indivíduos e a grupos humanos como a objetos ou fenômenos naturais” (Stoppino, 1997, p. 933).

representadas por proibições puras ou condicionadas, chamadas respectivamente de ortodoxas e heterodoxas, quotas ou padrões de qualidade e de emissões nos serviços de energia.

Essas intervenções podem ser concebidas, segundo Mota, (2001, p. 127-128), por meio de padrões que, apesar de não possibilitarem a correção das externalidades, pelo menos a previnem e reduzem os prejuízos da ação. Ou seja, não corrigem as imperfeições de mercado, porém o disciplinam. São classificadas da seguinte forma:

- ✚ Padrões de qualidade ambiental: limitam o máximo de concentração de poluentes, denominados padrões primários;
- ✚ Padrões de emissão: limitam o máximo de concentração de poluentes por uma única fonte de poluição;
- ✚ Padrões tecnológicos: determinam o uso de uma tecnologia específica;
- ✚ Padrões de produção: estabelecem os limites de despejos de efluentes por unidade de produção.

Os padrões são baseados no princípio de que o nível deve categoricamente relacionar-se a imperativos técnicos e econômicos, definidos em uma função técnica que intervém na tomada de decisão dos agentes de mercado. Assim, o padrão econômico deve intervir no processo de produção para internalizar os custos externos, a fim de não ser paliativo.

A imposição de políticas públicas, por meio de instrumentos econômicos ao mercado, ver Quadro 1, deve adotar os seguintes critérios (Mota, 2001, p. 130) :

- ✚ Eficácia ambiental: a política deve ser definida em função de padrões ambientais almejados;
- ✚ Eficiência econômica: a capacidade de obter a alocação ótima de recursos e de fluxo de capital.
- ✚ Princípio de justiça: a capacidade de gerar efeitos distributivos, com a distribuição equânime de custos aos degradadores e benefícios para os usuários;
- ✚ Viabilidade institucional: a capacidade de resposta da estrutura organizacional<sup>22</sup>.

**Quadro 1 - Instrumentos Econômicos de Políticas Públicas**

| <b>Instrumento Econômico</b> | <b>Aplicabilidade</b>                                      |
|------------------------------|--|
| <i>Taxas Ambientais</i>      | <i>Valores pagos pelos degradadores do recurso natural</i> |
| Taxa por emissão             | O emissor paga pelo dano                                   |
| Taxa por produto             | O produtor/consumidor paga pelo dano                       |

<sup>22</sup> Corresponde à agilidade no processo decisório

|                            |  |
|----------------------------|--|
| Taxa por usuário           | O usuário paga pelo dano   |
| Taxa administrativa        | Valor pago para cobrir o custo do controle ambiental                 |
| Taxa diferenciada          | Paga em função do prejuízo ambiental.                                |
| <i>Licenças de Mercado</i> | <i>Criam mercado para negociação de direitos a danos ambientais.</i> |
| Direito de poluir          | Compra/venda de direitos de poluição                                 |
| Obrigação ambiental        | A empresa faz um depósito de garantia                                |
| Seguro ambiental           | Adotado pelas seguradoras que trabalham com danos ambientais         |
| <i>Subvenção Ambiental</i> | <i>Adota princípios de eficácia ambiental.</i>                       |
| A impostos                 | Subsidio aos impostos pagos pelas empresas                           |
| A empréstimos              | Concessão de empréstimos com taxa de juros subsidiada.               |
| Financeira                 | Concessão de subsidio a fundo perdido.                               |

Fonte: Adaptado de Mota (2001, p. 132).

As políticas públicas seguem várias propostas precedidas por ideologias que as justificam. Aquelas de cunho liberal assumem a alocação e o fluxo de capital por meio do “conceito da mão invisível”<sup>23</sup> do mercado, e as outras que admitem a intervenção do Estado na empresa, para operacionalização e eficiência de políticas públicas.

Quando a livre negociação entre as partes afetadas não é capaz de garantir a internalização das externalidades o Estado pode-se utilizar de políticas públicas, tais como a regulamentação direta, as taxas pigouvianas e as permissões negociáveis.

### 2.9.1 Regulamentação direta e taxas pigouvianas

A regulamentação direta determina à firma poluidora quanto ela deve emitir. Portanto, consiste em determinar um *cap (teto)* de emissão de poluentes. Isso é preferível quando objetiva-se garantir um padrão mínimo de qualidade ambiental.

A taxa pigouviana é um imposto sobre unidade de poluição emitida que deve igualar-se ao custo marginal social dessa poluição em nível ótimo. A princípio, tanto a taxa pigouviana quanto a regulamentação direta à emissão de poluentes podem gerar um nível eficiente de poluição. Contudo,

<sup>23</sup> Conceito econômico trabalhado por Adam Smith. (Smith, 1988).

isto somente é possível se houver conhecimento preciso das condições de custo e de benefícios da redução da poluição. Neste ponto a pesquisa demonstrada nos capítulos 4 e 5 é de extrema valia.

A taxa pigouviana pode ser adequada quando houver mais de um poluidor e quando o objetivo for garantir que a poluição seja reduzida com custos mínimos. Considere-se o seguinte exemplo citado por Vasconcellos e Oliveira, (2000, p. 262), onde existem duas empresas envolvidas. Uma possui uma fábrica de papel situada nas margens do rio a montante de uma fazenda de soja que usa a água do rio para a plantação e os animais. A empresa de papel emite poluentes nas águas do rio em virtude de sua atividade produtiva. A fazenda, por sua vez, capta esta água e a emprega como insumo na produção. Quanto mais poluída a água do rio, maior é o custo da fazenda para produzir a mesma quantidade de soja, seja porque a água poluída diminui a produtividade por hectare ou porque se desejar água limpa terá que realizar gastos com o tratamento.

A empresa de papel pode reduzir a emissão das seguintes formas: diminuindo sua produção ou aumentando o tratamento dos efluentes. Caso a empresa de papel pudesse poluir à vontade, ela optaria pela quantidade ótima que proporciona lucro máximo. E esta quantidade de poluição será chamada de  $\hat{x}$ . Deste modo, é possível determinar a função benefício da empresa de papel por meio da poluição e do lucro:

$$B_{\text{Empresa}}(x_p) = \pi_{\text{empresa}}(x_p) - \pi_{\text{empresa}}(x_p = 0)$$

**Equação 6 - Função Benefício da Poluição**

Onde:

$B_{\text{Empresa}} \rightarrow$  Benefício da empresa;

$\pi_{\text{empresa}} \rightarrow$  Lucro da empresa;

$x_p \rightarrow$  Quantidade de poluentes emitido pela empresa.

A forma da função descrita pela Equação 6 pode ser visualizada no Gráfico 4. A função descreve a diferença obtida pela empresa de papel quando emite  $x$  unidades de poluente e o lucro obtido quando não emite nenhum poluente.

A relação entre o lucro da fazenda e a quantidade emitida de poluição é definida pela diferença entre o lucro obtido pela fazenda se nenhum poluente fosse emitido e o lucro quanto uma quantidade  $x$  de poluentes é emitido pela empresa de papel. Esta função é definida pela Equação 7 e visualizada no Gráfico 4.

$$C_{Fazenda}(x_P) = \pi_{Fazenda}(x_P = 0) - \pi_{Fazenda}(x_P)$$

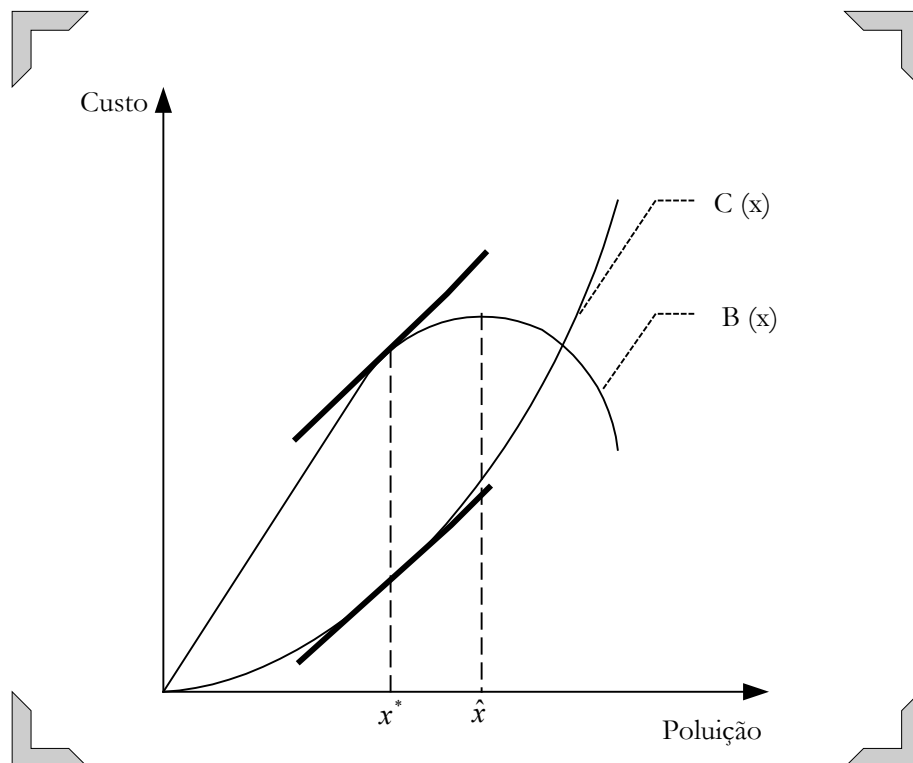
**Equação 7 - Função Custo da Poluição**

Onde:

$C_{Fazenda} \rightarrow$  Custo da fazenda;

$\pi_{Fazenda} \rightarrow$  Lucro da fazenda.

**Gráfico 4 - Funções de Benefício e Custo da Poluição**



Fonte: Adaptado de Vasconcellos, Oliveira, (2000, p. 263).

Diante do exposto, obtém-se o resultado eficiente quando a soma do lucro das duas empresas é máximo, ou seja, quando for possível aumentar os ganhos da empresa de papel sem reduzir os ganhos da fazenda de soja. Assim pode se definir a seguinte função objetivo,  $\max [B(x) - C(x)]$ , com a condição de primeira ordem de  $\dot{B}(x) = \dot{C}(x)$ , a de segunda ordem estará assegurada se a função  $C(x)$  tiver convexidade superior à função  $B(x)$ , ou seja, se  $\ddot{C}(x) > \ddot{B}(x)$ .

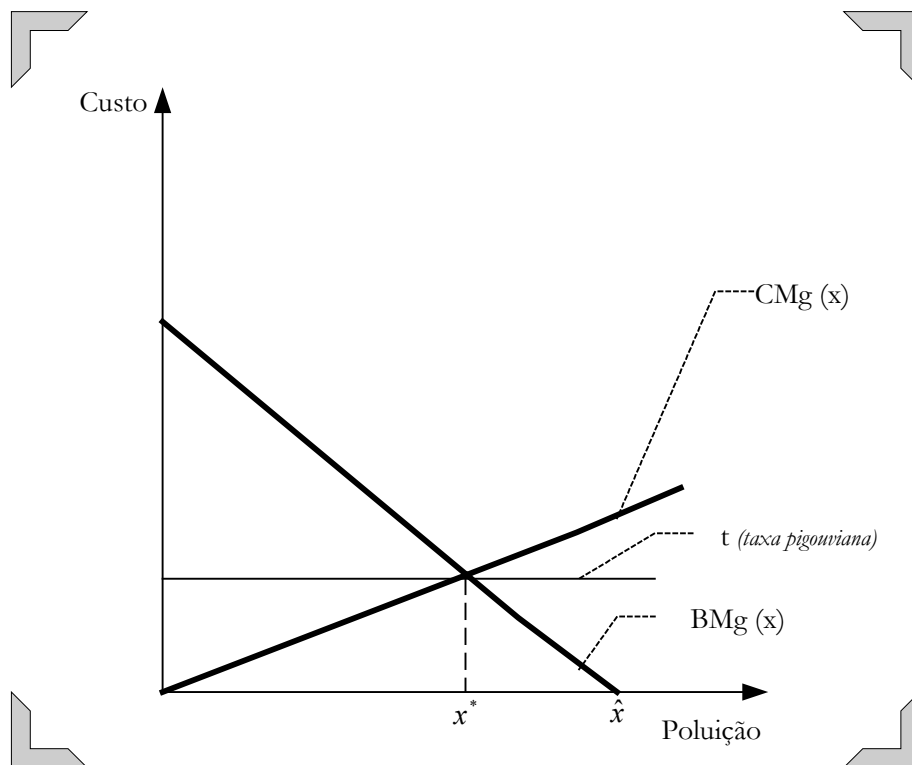
O benefício marginal da poluição para empresa de papel pode ser entendido como sendo igual ao aumento no lucro da empresa de papel ao emitir uma unidade adicional de poluição. E o custo

marginal da poluição para a fazenda de soja é igual à perda de lucro provocada ao emitir uma unidade adicional de poluição.

Desta forma, a regulamentação direta pode ser uma maneira de forçar a empresa de papel a não emitir uma quantidade de poluição superior a  $x^*$ . Pode se dizer, neste caso, que a empresa tem permissão de poluir até  $x^*$ . O nível ótimo de poluição, do custo e do benefício marginal da poluição está demonstrado pelo Gráfico 5.

Uma forma de induzir a fábrica de papel a emitir  $x^*$  unidades de poluição é impor a ela uma taxa por unidade de emissão dada por  $t = \dot{C}(x^*)$ . Desta forma, sempre que houvesse a emissão de  $x$  unidades de poluição a empresa de papel obterá um benefício igual a  $B(x)$ , mas para isto terá um custo igual a  $tx = x\dot{C}(x^*)$ . A empresa tenderá a maximizar a diferença entre o benefício e o custo  $B(x) - tx$ , o que será obtido com  $\dot{B}(x) = t = \dot{C}(x^*)$ . Assim a empresa de papel será induzida a emitir o nível ótimo  $x^*$ , como no Gráfico 5.

**Gráfico 5 - Nível Ótimo de Poluição e Valor da Taxa Pigouviana**



Fonte: Adaptado de Vasconcellos e Oliveira, (2000, p. 264).

### 2.9.2 Permissões negociáveis

Os estímulos dinâmicos revelam a vantagem mais clara da taxa pigouviana em relação às permissões de poluição. Uma empresa que emita poluição sob ambiente de permissões negociáveis não tem o custo associado à poluição emitida por ela, ou seja, o sistema de permissões negociáveis dissocia o custo de poluir do real poluidor.

Como exemplo, ao considerarmos  $N$  empresas poluidoras e a poluição total emitidas por elas,  $x_i$ , pela empresa  $i$  e o benefício por esse total para empresa como  $B_i(x_i)$ . O total gerado por essa poluição será então de  $x = \sum_{i=1}^N x_i$ . E o custo externo (de externalidades) dado por  $C(x)$ . O ótimo social será atingido pela resolução da seguinte equação:

$$\max \left[ \left( \sum_{i=1}^N B_i(x_i) \right) - C\left( \sum_{i=1}^N x_i \right) \right]$$

**Equação 8 - Função do Ótimo Social**

Esta função atingirá seu máximo quando  $\dot{B}_1(x_1) = \dot{B}_2(x_2) = \dots = \dot{B}_i(x_i) = \dots = \dot{B}_N(x_N) = \dot{C}(x)$ , ou seja, quando os benefícios marginais da emissão de poluição de todas as empresas forem iguais entre si e igual ao custo marginal da poluição total agregada. Isto implica, sob um sistema de permissões, em que as quantidades permitidas de emissão de poluição devem variar de empresa para empresa, o que burocraticamente pode se tornar impraticável. Neste caso, a taxa pigouviana revela sua vantagem.

## 2.10 Dos bens públicos: os conceitos e princípios do direito de propriedade

As taxas para emissões e permissões negociáveis alteram os estímulos das empresas, fazendo com que passem a internalizar os custos externos que provocam, mas a regulamentação governamental não é a única maneira de lidar com as externalidades. Existem algumas circunstâncias nas quais as ineficiências podem ser eliminadas por meio de negociações entre as partes afetadas ou por meio do sistema jurídico. Nesta seção serão tratados os conceitos pertinentes aos recursos naturais afetados no planejamento de sistemas de energia elétrica.



### 2.10.1 Direito de propriedade

É o conjunto de leis, segundo Pindick e Rubinfeld, (2002, p. 649), que descreve o que as pessoas e as empresas podem fazer com suas respectivas propriedades. Utilizando o exemplo da seção anterior, quando a empresa de papel despeja seus efluentes no rio, pode-se presumir que a empresa tem o direito de despejar seus efluentes no rio, e conseqüentemente, a fazenda de soja não tem direito de utilizar a água limpa para irrigação e alimentação de seus animais. Desta forma, a empresa de papel não tem estímulo para internalizar os custos externos no seu custo total de produção. Contudo, caso o rio fosse de propriedade do fazendeiro, ou seja, tivesse o direito sobre a água limpa, a empresa teria que cessar sua produção ou pagar os custos relacionados aos efluentes, assim os custos seriam internalizados e seria obtida a alocação de recursos eficientes.

Em um artigo consagrado, o prêmio Nobel de economia Ronald Coase<sup>24</sup> sugeriu que a empresa poluidora seria levada a emitir o nível ótimo de poluição desde que fosse claramente determinado se é a empresa que tem direito de poluir quanto quiser ou se a fazenda que tem direito à água limpa do rio. Vamos supor que ninguém tenha o direito de poluir sem a autorização da fazenda de soja. Neste caso, a fazenda só permitiria a poluição pela empresa de papel se fosse compensada pela perda de lucros. Então, a empresa teria o interesse em adquirir a permissão para emitir uma unidade adicional de poluição até que o aumento de lucro obtido ao emitir essa unidade adicional fosse superior à redução do lucro da fazenda de soja, causada por esta mesma unidade adicional, ou seja, enquanto o benefício marginal da poluição fosse superior ao seu custo marginal. Caso fosse definido legalmente que a empresa de papel emita o quanto quiser de poluição, a fazenda de soja teria o interesse em pagar para a empresa de papel, a fim desta reduzir o nível de poluição. Assim, a definição sobre quem tem o direito de poluir possibilita que a negociação entre as partes afetadas defina o nível ótimo de poluição.

### 2.10.2 Bens não disputáveis e não exclusivos

Esses conceitos são importantes para descrever um conjunto de condições sob as quais o mercado privado pode não oferecer um determinado bem ou então pode não cobrar por ele o preço apropriado quando este já estiver disponível para venda.

---

<sup>24</sup> O Teorema de Coase diz o seguinte: Desde que os direitos de emissão de externalidades sejam adequadamente definidos e que não haja custos de transação entre as partes, a livre negociação entre as mesmas deve levar ao nível ótimo de emissão dessas externalidades (Pinho *et al.*, 1998, p. 571-573).

Bens não disputáveis

- ↳ Um bem é não disputável quando, para qualquer nível específico de produção, o custo marginal de sua produção é zero para um consumidor adicional. Por exemplo, um recurso natural como a água que é turbinada ou vertida por uma usina hidrelétrica.

Bens não exclusivos

- ↳ Um bem é não exclusivo quando as pessoas não podem ser impedidas de consumi-lo. Consequentemente, torna-se difícil ou impossível cobrar pela utilização. Por exemplo, a energia elétrica exerce uma função social, no que diz respeito às garantias de cidadania prezadas pela Constituição Federal. Desta forma, a discussão sobre o corte de energia em comunidades de baixo poder aquisitivo torna-se extremamente conflitante.

Os bens públicos são ao mesmo tempo não disputáveis e não exclusivos, oferecem benefícios às pessoas a um custo marginal zero e ninguém pode ser excluído da possibilidade de desfrutá-los. A energia elétrica, vista como serviço, pode ser considerada como bem público (função social) e deve garantir à Nação brasileira seu usufruto digno.

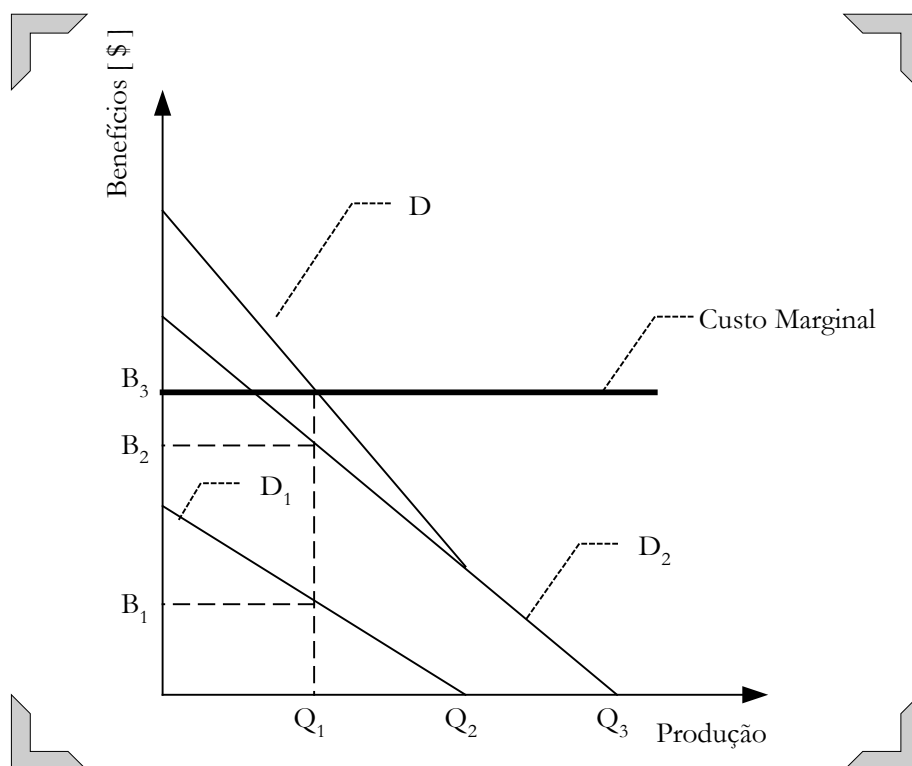
O nível de eficiência de um bem público é alcançado, segundo Pindick e Rubinfeld, (2002, p. 657), quando se obtém o valor que cada pessoa atribui a cada unidade adicional produzida. Então, o benefício marginal é obtido do somatório de todos os valores para este bem. O nível eficiente do bem público é obtido pela igualdade entre os benefícios marginais e o custo marginal de produção.

O Gráfico 6 ilustra o nível eficiente de produção de um bem público.  $D_1$  e  $D_2$  representam a demanda do bem público por dois consumidores. A curva de demanda apresenta o benefício marginal que o consumidor recebe a partir de cada nível de produção. A quantidade eficiente produzida é aquela em que o benefício marginal da sociedade é igual ao custo marginal.

Se a empresa estiver exclusivamente preocupada com o seu lucro, a cooperação pode não existir ou não ser suficientemente forte e abrangente para eliminar as ineficiências geradas pela externalidade. O comportamento das empresas que deixam de colaborar é conhecido como *free-rider* (*carona*) e pode levar à inviabilização da cooperação.

Contudo, a metodologia multicritério pode viabilizar a participação e cooperação das partes afetadas. Esta metodologia é vista no capítulo 3.

Gráfico 6 - Provisão de Bens Públicos



Fonte: Adaptado de Pindick e Rubinfeld, (2002, p. 657)

## 2.11 Do valor e do preço dos recursos naturais

As políticas ambientais são formuladas no contexto cultural e fundamentadas nos princípios antropocêntrico e utilitarista, que colocam o ser humano acima e fora da natureza, assegurando que o mais importante é o bem-estar, o que em si, é uma contradição, como descrito a seguir.

O fundamento de valor descrito por Adam Smith tem dois significados: “Às vezes designa a utilidade de um determinado objeto, e outras vezes o poder de compra que o referido objeto possui, em relação a outras mercadorias” (Smith, 1988, p. 35). Assim, o valor seria a medida do preço natural das mercadorias, o que engloba a renda da terra, os salários, os lucros do patrimônio e as taxas de distribuição.

O fundamento de valor descrito por David Ricardo diz que a utilidade não é a medida do valor de troca.

A água e o ar são extremamente úteis, são de fato indispensáveis à existência, embora em circunstâncias normais nada se possa obter em troca deles. O ouro, ao contrário, embora de pouca utilidade em comparação com o ar ou com a água, poderá ser trocado por uma grande quantidade de outros bens (Ricardo, 1982, p. 43).

Assim o valor de troca origina-se de sua escassez e da quantidade necessária para obtê-la.

Para Karl Marx o fundamento de valor, baseia-se no fato que o preço é apenas o mecanismo para converter o valor do trabalho em dinheiro. Marx observa que “(...) as mercadorias se vendem, em média, pelos seus verdadeiros valores e que os lucros se obtêm vendendo as mercadorias pelo seu preço, isto é, em proporção à quantidade de trabalho nelas materializado” (Marx, 1982, p. 157-158).

O princípio da economia neoclássica diz que o preço da mercadoria é igual ao seu valor e para fundamentar essa igualdade criou-se a economia do bem-estar e o conceito de eficiência alocativa de recursos nos mercados. Todo este arcabouço foi desenhado para função de bem-estar da sociedade representar o reflexo direto das preferências dos indivíduos que a compõem. Desta forma, Mota, (2001, p. 86), afirma que os mercados funcionam eficientemente, pois os recursos da sociedade estão sendo alocados de acordo com a preferência revelada por seus agentes. Os agentes, então, devem revelar suas preferências por meio de um valor e o recurso natural passa a possuir um valor implícito. O valor de um ativo natural, de acordo com Mota, (2001, p. 87) é expresso pela agregação de uma parcela denominada sinal de preço, com uma parcela intangível. O sinal de preço é o “quanto” os indivíduos estão dispostos a pagar pelo recurso da natureza. A parcela intangível é o patrimônio natural, corresponde ao que não se conhece sobre o ativo natural.

Assim, a teoria neoclássica relaciona os princípios de quanto o indivíduo ou a sociedade está disposta a pagar pelo uso, opção ou existência do ativo natural. Desta forma a decisão e a alocação dos recursos estão em função da utilidade para os indivíduos, ou seja, possui um caráter antropocêntrico, que tem seu alicerce decisório calcado na “soberania do consumidor” definida por Mota, (2001, p. 86), como o processo autônomo de escolha na tomada de decisão. Contudo, como o consumidor pode ser autônomo ou soberano em sua escolha, quando se desconhece o que deve preferir e como comparar sem necessariamente ter consciência, ou melhor, esclarecimento mínimo sobre os reflexos de sua escolha sobre o sistema produtivo e ambiental.

A questão fundamental é que ainda não se detém conhecimento suficiente para calcular o valor econômico da maioria dos recursos naturais. Portanto, não se pode estimar o valor dos ativos naturais sem simbolizar um sinal de preço. Então, preço e valor são diferentes, conforme Marx e em oposição aos neoclássicos, os quais tendem a enquadrar os recursos naturais sob a ótica utilitarista.

Muitos estudiosos marxistas investigadores de questões econômicas e ambientais interpretam os problemas ambientais como parte do conjunto dos problemas sociais, como por exemplo Foladori, Reiner Grundmann, James O'Connor e outros. A ecologia social garante que os problemas ambientais são resultantes do modo de produção capitalista, posto que o desenvolvimento da economia capitalista assenta-se na extração (utilização) ilimitada dos recursos naturais e na exploração da força de trabalho humano, ou seja, exploração da natureza e do operário simultaneamente Marx afirmava que:

Todo progresso da agricultura capitalista não é somente um progresso na arte de esgotar o solo (...) O progresso capitalista, conseqüentemente, não desenvolve a técnica e a combinação do processo social de produção senão solapando, ao mesmo tempo, os mananciais de toda riqueza: a terra e o trabalhador (*apud* Coggiola, 2002, p. 10-11, Montibeller, 2001, p. 183).

Na análise da sociedade capitalista, Marx preocupou-se mais com a exploração da força de trabalho do que com a degradação da natureza, o que não desabona o seu diagnóstico da ação do capital sobre a natureza. Contudo, tanto Marx como todos os economistas de sua época entendiam que os bens naturais estão à disposição do homem e devem ser usados sem preocupação com a sustentabilidade

## 2.12 Conclusões do capítulo

O objetivo deste capítulo foi abordar tanto o planejamento tradicional quanto o planejamento integrado de recursos em ambiente de mercado, por meio de uma revisão bibliográfica e adequação dos conceitos de mercado e seus efeitos nas atividades de produção e consumo, que possuem reflexo direto no mercado de capitais, no planejamento do sistema de energia elétrica, gerando uma série de questões de políticas públicas, com repercussões econômicas e políticas para o Estado e para a Nação.

O planejamento não deve ignorar seus reflexos no ambiente que está inserido. Por isso, é de suma importância uma metodologia, proposta no capítulo 3, que integre as variáveis relacionadas ao ambiente no qual o sistema é planejado. A descrição da realidade efetiva do mercado, dos valores e da sustentabilidade dos recursos naturais do sistema produtivo energético é uma condição necessária para

revitalizar a função social da energia elétrica e de seu real valor e preço. Por vezes, num sistema de mercado o preço do bem não reflete, necessariamente, o seu valor social e, neste caso, a energia elétrica como serviço (bem público) e como *commodity* (*mercadoria*), agrega em si a dicotomia de exercer uma função pública e privada.

Este capítulo analisou o planejamento energético na presença de externalidades, discutindo suas ineficiências e as possíveis soluções. Também abordou a utilidade do serviço e da *commodity* (*mercadoria*) energia elétrica, discutindo sobre o valor e o preço dos recursos naturais e propondo um novo enfoque para o planejamento de sistemas de energia elétrica que proporcione o conhecimento esclarecido de todo o sistema, a fim de descrever as variáveis e a interação entre elas para conceber, um serviço mais justo em seu real valor para a Nação.

No próximo capítulo será abordada uma metodologia capaz de absorver e mensurar as variáveis de cunho ambiental, político, econômico e social, pertinentes ao planejamento de sistemas de energia, no qual coexistem diversas alternativas de solução viáveis, mesmo sendo afetado por diferentes grupos com conflito de valores, objetivos e relações de poder.



“Não há nada mais irracional do que agir racionalmente no mercado.”

John Maynard Keynes

CAPÍTULO

3

# **METODOLOGIA MULTICRITÉRIO DE APOIO À DECISÃO**

## **3 Metodologia Multicritério de Apoio à Decisão.**

Neste capítulo será apresentada a metodologia multicritério de apoio à decisão para o planejamento de sistemas de energia elétrica. Esta técnica é capaz de absorver e integrar as partes de todo o ambiente e contexto descritos no capítulo 2.

A técnica multicritério advém do bojo das formas de decisão coletiva. Segundo D'alimonte, (1997, p. 309), as decisões coletivas, para serem efetivas devem apresentar uma estrutura lógico-dedutiva que, partindo de alguns axiomas referentes ao comportamento na escolha individual, estabelece uma série de teoremas relativos ao problema de agregar as preferências individuais na escolha.

A intenção do método é melhorar a qualidade das decisões, o que envolve múltiplos critérios a fim de se obter escolhas mais explícitas, racionais e eficientes.

A técnica multicritério possui as seguintes características:

#### *I - Objetivo*

O método multicritério tem funções básicas, segundo Hobbs e Meier (2000, p. 6-8), que dão suporte aos seguintes objetivos globais:

- Estruturar o processo de decisão – a análise de decisões de mercado de forma sistemática de acordo com uma estrutura lógica com definição de alternativas e comparação de performances sob vários pontos de vista.
- Facilitar a negociação – o método quantifica e comunica as prioridades aos diferentes decisores e move a discussão para longe das alternativas na direção dos objetivos fundamentais.
- Documentar como as decisões são feitas – detalhando cada passo da análise.
- Informar, aos agentes envolvidos, sobre as implicações e conseqüências dos atributos examinados, inspirando mais segurança na tomada de decisão.

#### *II - Factibilidade*

A factibilidade do método consiste em qualificar, quantificar e comunicar as prioridades para o planejamento indicativo, ao mesmo tempo que direciona a discussão sobre os objetivos fundamentais, segundo um processo iterativo e de síntese, para os conceitos em análise.

#### *III - Aplicabilidade*

O método tem aplicabilidade num ambiente de incertezas, onde coexistem diferentes alternativas de solução e grupos de atores envolvidos e/ou afetados, num quadro de conflito de valores, objetivos e diferentes relações de poder. O processo envolve grande quantidade de informações quantitativas, qualitativas e ambíguas.

#### *IV - Implementação*

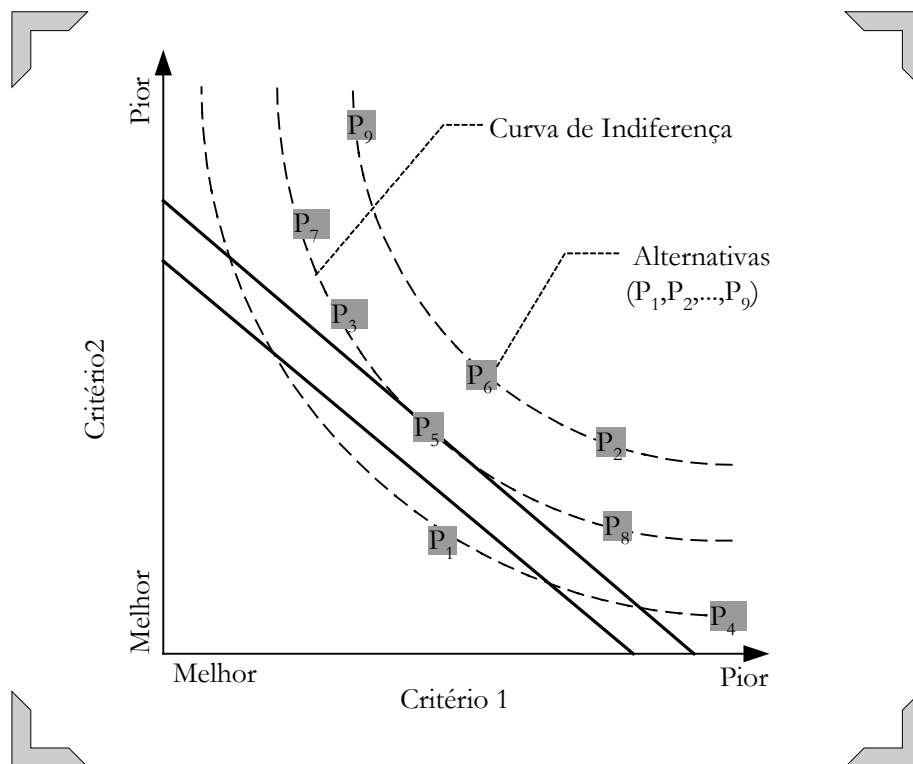
A absorção das variáveis intervenientes no planejamento do sistema pela técnica multicritério é feita pela aproximação das curvas de indiferença com os decisores. Este processo é visto graficamente pelos Gráfico 8 e Gráfico 7, que mostram quais alternativas são igualmente preferidas, por meio de:

- Funções de valor aditivas (Hobbs e Meier, 2000, p. 86-87);
- Funções de utilidade (Hobbs e Meier, 2000, p. 67-74);



🔗 *Goal programming (pesquisa operacional)* (Hobbs e Meier; 2000, 87-89).

**Gráfico 7 - Curvas de indiferenças elaboradas com os decisores**



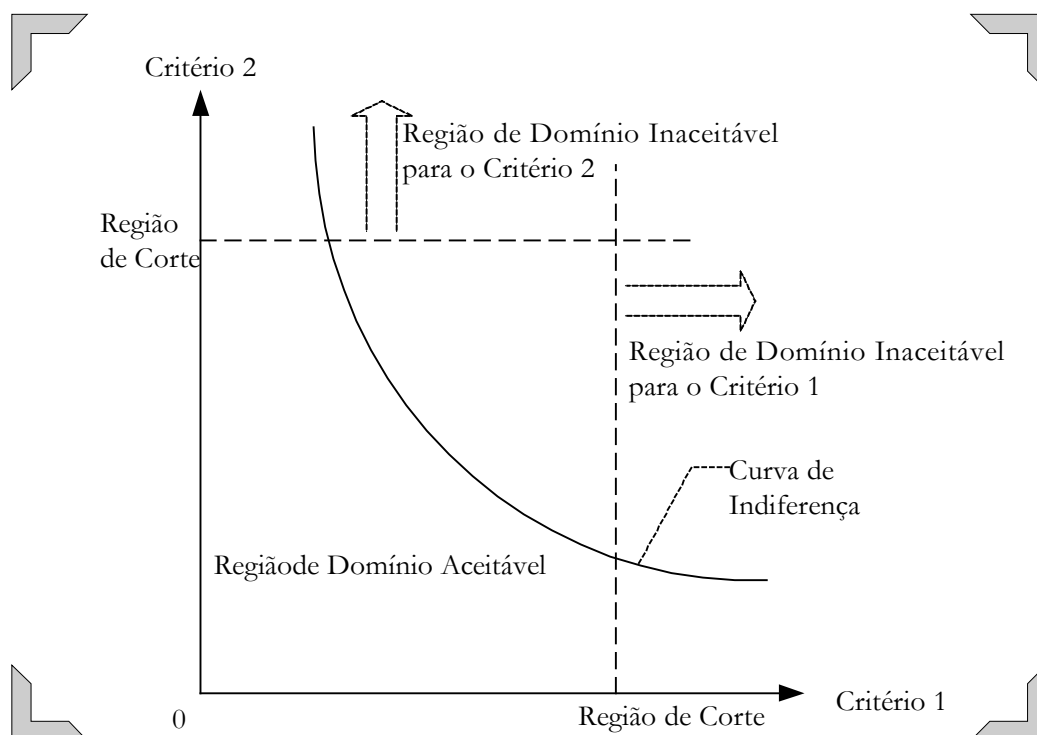
Fonte: Adaptado de Hobbs e Meier (2000, p. 59)

O Gráfico 7 apresenta onde as várias alternativas viáveis se posicionam por meio dos critérios 1 e 2 dispostos nos eixos das abscissas e ordenadas, respectivamente, segundo uma escala que varia do melhor possível ao pior aceitável para os decisores.

Este gráfico demonstra a indiferença dos decisores frente às alternativas  $P_2$ ,  $P_6$  e  $P_9$ . A alternativa que maximiza os benefícios a todos os decisores é aquela disposta na curva de indiferença que tangência a curva de restrição; no caso, a alternativa  $P_5$ .

Caso não seja possível identificar a alternativa “ótima”, pode-se restringir as regiões inaceitáveis para cada critério, conforme Gráfico 8, por meio de cortes, definidos pelos decisores. Assim pode se obter as alternativas que oferecem benefício equânime.

Gráfico 8 - Análise de preferência, região de viabilidade da combinação de critérios



Fonte: Adaptado de Hobbs e Meier (2000, p. 49)

### 3.1 Da técnica multicritério

O que diferencia a abordagem multicritério de apoio à decisão é o paradigma científico no qual está fundamentada. Na metodologia multicritério o paradigma utilizado é o construtivismo, não o racionalismo, que é o mais habitualmente utilizado no planejamento tradicional.

A construção de um modelo multicritério de apoio à decisão, preocupa-se com as seguintes questões, segundo Ensslin *et al*, (2001, p. 57-58):

- Quais atores estão envolvidos no processo decisório?
- Que tipo de ações estão disponíveis?
- De que forma as ações devem ser avaliadas?
- Qual o problema a ser resolvido?
- Quais objetivos dos decisores devem ser levados em conta na avaliação das ações?
- Como mensurar a performance das ações em cada um destes objetivos?
- Qual a influência de pequenas variações nos parâmetros do modelo multicritério na resposta final?

➤ Que recomendações podem ser feitas a partir dos resultados do modelo multicritério?

Estas questões serão respondidas no decorrer deste capítulo.

### 3.1.1 Os paradigmas científicos: racionalismo e construtivismo

Para o planejamento que utiliza tanto a metodologia multicritério (construtivista) quanto a pesquisa operacional (racionalista), é necessário definir claramente as regras de trabalho, abordando o que é válido e o que não é válido, os métodos a serem utilizados, os problemas a serem resolvidos e o objetivo desejado.

Uma das formas de planejamento de sistemas de energia é a otimização tradicional (pesquisa operacional). Um problema típico de pesquisa operacional tem a seguinte forma geral: uma função objetivo que deve ser maximizada; as equações que restringem a função objetivo e as condições de transversalidade e após ser classificada, é resolvida por meio de procedimentos padrão. O axioma central é a neutralidade científica, que exclui a subjetividade dos atores envolvidos (*stakeholders*) no processo decisório. Os decisores (*decision-makers*) devem seguir os resultados, senão serão considerados irracionais. A pesquisa operacional têm dificuldades em formular problemas que envolvem incertezas sobre os objetivos, as diferentes alternativas, os grupos envolvidos e, também quando existem diferentes relações de poder e informação tanto qualitativas quanto quantitativas.

A falácia do racionalismo está na obrigatoriedade de seus resultados serem obtidos por um processo pontual no tempo e isolado do contexto decisório e de seus reflexos, onde a solução ótima é prescrita. Quando o interesse é macroeconômico, envolvendo otimização de objetivos ambientais e sociais, fica difícil tratar essas variáveis como endógenas. Estas variáveis tornam-se não controláveis, ou seja, devem ser tratadas como variáveis exógenas ao modelo, pelo menos do ponto de vista socialmente ótimo. Desta forma, esta pesquisa apresenta uma proposta híbrida<sup>25</sup> entre a pesquisa operacional e as técnicas multicritério, na qual a estruturação do problema que envolve objetivos sociais, ambientais e políticos são internalizados sob a tutela do paradigma construtivista.

Na otimização de modelos que incluem recursos exauríveis, no qual um dos agentes é a sociedade, surge, como uma das principais discussões, a forma da função objetivo e a sustentabilidade do uso dos recursos naturais. Essa discussão diz respeito à forma como são utilizados os recursos pelas várias

---

<sup>25</sup> Cf. Introdução, página 1

gerações<sup>26</sup>. O que se discute é uma das suposições implícitas na teoria do crescimento econômico ótimo: os indivíduos são todos iguais, não só na geração atual mas em todas as gerações futuras. Ou seja, a geração atual sente-se igualmente satisfeita em poupar uma quantidade de recurso para a geração futura ou em consumir o recurso hoje, contanto que esse consumo para a geração futura seja descontado a uma determinada taxa de juros. Assim, as gerações são hipoteticamente consideradas como tendo indivíduos semelhantes e com os mesmos interesses.

Sob esse ponto de vista, as técnicas de pesquisa operacional tratam as variáveis de sustentabilidade intergeracional como exógenas. É necessário um maior entendimento da realidade efetiva das coisas por meio de um processo mais complexo, que integre essas variáveis, quase sempre conflitantes na estruturação do problema. A técnica multicritério é capaz de auxiliar de forma precisa e sistemática a tomada de decisão com o uso de uma linguagem rigorosa e de instrumentos analíticos de molde lógico-dedutivo, e torna-se indispensável quando as decisões são realizadas ao longo do tempo, permeadas de aspectos subjetivos, que devem ser explicitados e quantificados. Deste forma, segundo Ensslin *et al*, (2001, p. 10), justificam-se as decisões tomadas aos demais envolvidos no processo decisório. E cabe, então, analisar as repercussões de cada uma das alternativas disponíveis nos objetivos considerados.

As diferentes abordagens entre os paradigmas científicos em que estão baseadas a pesquisa operacional e a técnica multicritério estão dispostas no Quadro 2, onde é feita uma comparação entre elas.

**Quadro 2 - Tradições Epistemológicas**

|   | <i><b>Racionalista</b></i>           | <i><b>Subjetivista</b></i>                               | <i><b>Construtivista</b></i>   |
|---|--------------------------------------|--|--|
| <b>1. Caracterizando a atividade do conhecimento e sua produção</b> |                                      |  |  |
| O que o conhecimento reflete ?                                      | Espelho da realidade                 | <i>Espelho acerca de todo o conhecimento do sujeito</i>  | <i>Espelho que resulta do encontro dialético do sujeito com o objeto, resultando em representações</i> |
| Como é alcançado o reflexo?   | <i>Observação da realidade</i>       | <i>Reflexão</i>  | <i>Construindo representações do objeto</i>  |
| Teste da validade da atividade do conhecimento e sua produção       | <i>Encaixe (somatório) dos fatos</i> | <i>Restabelecimento de um estado interno de conforto</i> | <i>Melhoramento da capacidade de adaptação</i>   |

<sup>26</sup> Cf. Dos meios de produção do capital no mercado de energia: a sustentabilidade dos recursos naturais, página 20

|   |   |   |   |
|---|---|---|---|
| Posição do conhecimento do sujeito                    | <i>Bastante passivo</i>                               | <i>Ativo (reflexão)</i>                     | <i>Ativo (construção da realidade por assimilação e acomodação)</i>         |
| Modo de <i>insight</i> da atividade do conhecimento   | <i>Por sentido</i>                                    | <i>Por sentimento</i>                       | <i>Pelo reconhecimento da falência de uma atividade adaptada</i>            |
| <b>2. Correspondendo a visão dos problemas</b>        |   |   |   |
| Foco do problema                                      | <i>Dependente do objeto</i>                           | <i>Dependente do sujeito</i>                | <i>Dependente de ambos, sujeito e objeto</i>                                |
| Status do problema                                    | <i>Realidade insatisfatória objetiva</i>              | <i>Estado mental desconfortável</i>         | <i>Admitir necessidade de adaptação</i>                                     |
| Gênese de um problema                                 | <i>É achado, sentido ou detectado</i>                 | <i>É sentido ou experimentado</i>           | <i>alcançado</i>  |
| Estrutura do problema para:                           | <i>Descobrir a estrutura da realidade</i>             | <i>Estruturar a mente</i>                   | <i>Construir uma representação do objeto para um projeto de intervenção</i> |
| <b>3. Caracterizando o comportamento do consultor</b> |   |   |   |
| Paradigma preferido                                   | <i>Coercitivo</i>                                     | <i>Empático</i>                             | <i>Negociativo</i>  |
| Atividades típicas                                    | <i>Junção de fatos, fatos descobertos</i>             | <i>Comunicador, conciliador</i>             | <i>Participativo na atividade de adaptação e organização</i>                |
| Atitude em direção ao dono do problema                | <i>Opiniões abastecidas pelos clientes, não fatos</i> | <i>Tenta se colocar no lugar do cliente</i> | <i>Ajuda o cliente a encontrar a solução apropriada.</i>                    |
| Foco da atividade dele                                | <i>Realidade, fatos</i>                               | <i>Atores</i>                               | <i>Atores e fatos</i>   |
| Critério de solução                                   | <i>Rigor, lógica</i>                                  | <i>Aceitabilidade</i>                       | <i>Utilidade para adaptação</i>   |

Fonte: Adaptado de Landry (1995, p. 320)

### 3.1.2 O processo decisório

As decisões no planejamento de sistemas de energia raramente são tomadas por indivíduos, mesmo que exista apenas um único responsável pelas conseqüências do planejamento. Estas decisões são produto de diversas interações submetidas às preferências dos sujeitos, dos grupos de influência e das partes afetadas (chamados de atores pela técnica multicritério). Os atores (*stakeholders*) possuem interesses, valores, acesso à informação e ao capital muito distintos e detêm um certo poder para

intervir diretamente no processo decisório. Alguns destes sujeitos (atores) não participam ativamente da decisão, mas sofrem os seus reflexos.

A decisão realiza-se, de acordo com Ensslin *et al*, (2001, p. 17), por meio de um processo ao longo do tempo e não em um ponto determinado no tempo. Este processo pode acontecer com muitos confrontos e interações entre as preferências dos atores. Desta forma, o conjunto de etapas e os resultados que vão orientar a decisão a ser tomada não podem ser separados do processo de decisão. Portanto, o apoio à decisão ocorre por meio de um processo evolutivo e dialético, e não de forma pontual e isolada.

Um ator do processo decisório é representado por seu conjunto de valores, sendo definido como um sistema que sustenta os julgamentos de valor de um sujeito único ou coletivo. Os atores podem ser distinguidos, segundo Ensslin *et al*, (2001, p. 18-19), em intervenientes e agidos. Os intervenientes são aqueles que, por ações intencionais, participam diretamente do processo decisório com o objetivo de nele fazer prevalecer os seus valores. Os agidos são aqueles que sofrem de forma passiva as consequências da decisão tomada, podendo exercer pressão sobre os intervenientes e atuar de forma indireta no processo decisório.

Os atores intervenientes são classificados em decisores (aquele formalmente ou moralmente, que detém o poder de decisão), os representantes (aquele que é incumbido de representar o decisor no processo de apoio à decisão) e o facilitador (consultor). Neste ponto existe a principal diferença em relação à pesquisa operacional, pois o facilitador também é considerado um ator e, portanto, jamais será neutro<sup>27</sup>. A função do facilitador é apoiar o processo de tomada de decisão por meio de um modelo construído com tal finalidade.

A maior parte dos adeptos da pesquisa operacional (racionalista) tem como seu pressuposto mais importante a exigência de que os decisores sejam racionais. Contudo, o planejamento de sistema de energia é permeado por diversos atores que não possuem o mesmo conhecimento e nem raciocinam da mesma forma. Por sua vez, o paradigma construtivista tem como premissa o fato de reconhecer, de acordo com Ensslin *et al*, (2001, p. 20), a importância da subjetividade dos decisores e da impossibilidade de excluir do processo de decisão os aspectos subjetivos de quem decide: valores, objetivos, preconceitos, cultura e intuição.

---

<sup>27</sup> Principal confronto com o princípio da neutralidade axiológica da pesquisa operacional.

### 3.1.3 A implementação do modelo

A técnica multicritério vale-se de modelo formal na resolução de seus problemas que se distingue do paradigma racionalista.

#### O que representa?

➤ No paradigma racionalista o problema subjetivo não é considerado; no construtivista é fundamental considerar os aspectos subjetivos de quem decide. Cada decisor possui um sistema de valores de referência e o paradigma construtivista considera como modelo uma representação que é aceita como útil pelos decisores. Tal representação é a ferramenta considerada adequada para organizar a situação e desenvolver as convicções, além de servir para comunicação.

#### O objetivo

➤ No paradigma racionalista o objetivo é encontrar a solução ótima, no qual o processo onde o modelo foi construído pode não levar em conta os objetivos e aspirações do decisor e, sobretudo, não há um processo de legitimação do modelo. O modelo multicritério tem como objetivo gerar conhecimento para os decisores, e segundo Ensslin *et al*, (2001, p. 30), os modelos servem como meios para basear as decisões, na forma que eles consideram mais adequada e de acordo com seus sistemas de valores. O modelo possui conceitos rigorosos, é formal e apresenta procedimentos precisos de cálculo e resultados axiomáticos sólidos.

#### Os resultados

➤ A pesquisa operacional considera os seus resultados como uma solução ótima e, para tanto, deve ser prescrita, ou seja, implementada pelos decisores a fim de se obter a racionalidade desejada. No paradigma construtivista, os modelos não são aproximações da verdade, mas soluções que atendem aos objetivos e valores dos decisores. O processo de modelagem interfere no modelo e as soluções são dependentes da modelagem.

#### A validade

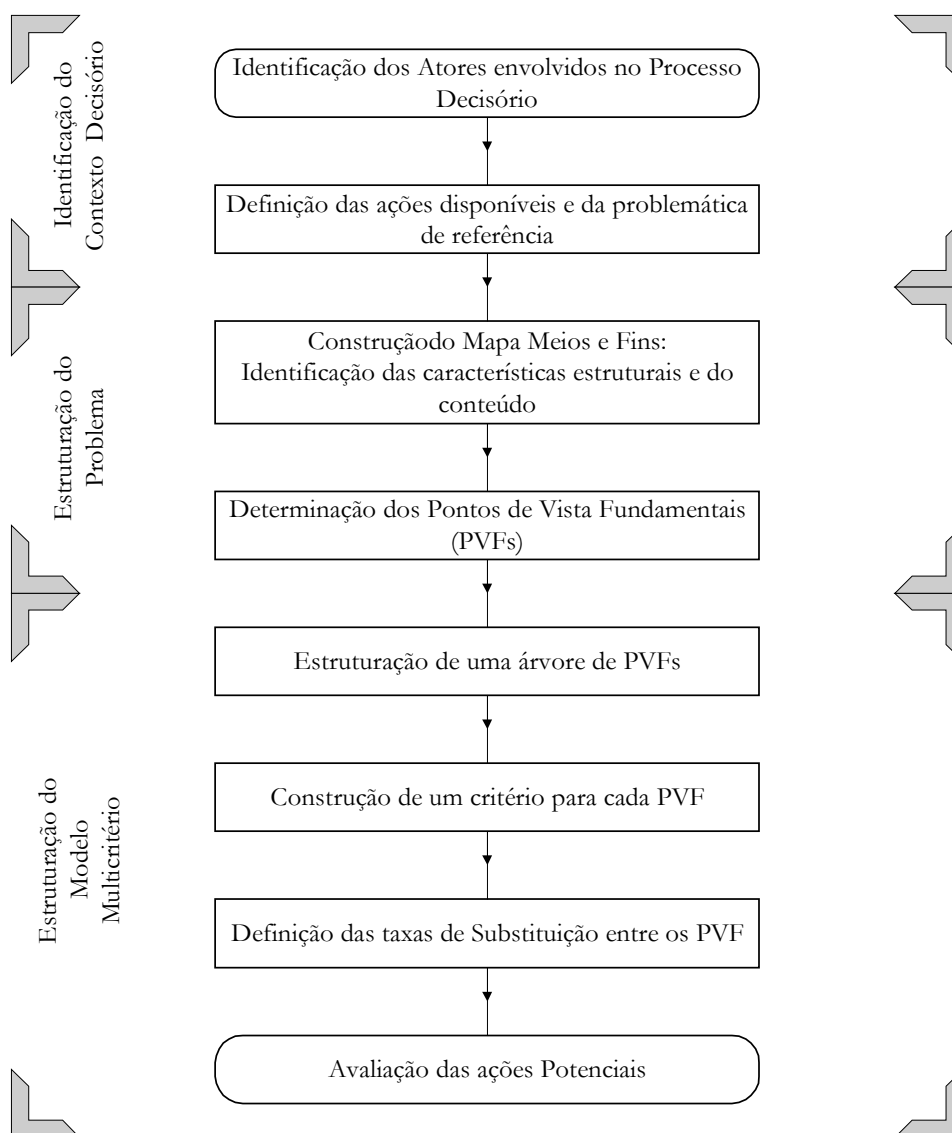
➤ O paradigma construtivista, segundo Ensslin *et al*, (2001, p. 32), considera dois critérios para atestar a validade do modelo: o modelo deve ser considerado como ferramenta útil aos decisores na tomada de decisão e o processo utilizado para apoiar a decisão deve ter respaldo de uma comunidade científica.

### 3.1.4 O fluxograma de estruturação da técnica multicritério

O apoio à decisão pode ser visto como uma atividade na qual o facilitador busca, de forma científica, obter elementos (conforme Quadro 3) que respondam as questões levantadas pelos decisores em um processo decisório. O facilitador, segundo Ensslin *et al*, (2001, p. 36), deve fornecer condições favoráveis, a fim de atingir dois objetivos:

- Aumentar a coerência da evolução do processo decisório;
- Observar os sistemas de valores dos decisores.

**Quadro 3 - Processo de Apoio à Decisão por meio da Metodologia Multicritério**



Fonte: Adaptado de Ensslin *et al*, (2001, p. 38-39).



## 3.2 Das metodologias multicritério

A pesquisa operacional utiliza métodos de avaliação com um único critério, o qual otimiza uma determinada função. Esta metodologia monocritério não possui a capacidade de otimizar diversos aspectos considerados relevantes no processo de decisão.

Os métodos monocritério têm o objetivo de otimizar, maximizando benefícios ou minimizando custos de um determinado critério, cuja função matemática mede o desempenho das ações potenciais, de acordo com o considerado pelo decisor.

Esta seção apresenta conceitos básicos da metodologia multicritério, como a necessidade de obter informações sobre as preferências e noções de estrutura do método.

### 3.2.1 Característica estrutural

Existem três tipos de estrutura de preferências, conforme definida por Ensslin *et al.*, (2001, p. 45-48): a preferência estrita, a indiferença e a incomparabilidade.

As relações de preferência estrita (na maximização) podem ser exemplificadas da seguinte forma: sejam quatro ações potências  $a$ ,  $b$ ,  $c$ , e  $d$  e um critério  $g(\cdot)$  que medem o grau de preferência. O objetivo é maximizar o valor do critério  $g(\cdot)$ . Desta forma, se  $a$  é preferível a  $b$  ( $a \mathbf{P} b$ ), então  $g(a) > g(b)$ . Esta relação é chamada de preferência estrita, e definida como  $a \mathbf{P} b \Leftrightarrow g(a) > g(b)$ . Caso  $c$  seja indiferente, a  $d$  ( $c \mathbf{I} d$ ), então tem-se uma relação de indiferença definida como  $c \mathbf{I} d \Leftrightarrow g(c) = g(d)$ .

Nas relações de preferência de minimização podem ser exemplificadas da seguinte forma: sejam quatro ações potências  $a$ ,  $b$ ,  $c$ , e  $d$  e um critério  $g(\cdot)$  que mede o grau de preferência. O objetivo é minimizar o valor do critério  $g(\cdot)$ . Desta forma, se  $a$  é preferível a  $b$  ( $a \mathbf{P} b$ ), então  $g(a) < g(b)$ . Esta relação é chamada de preferência estrita, e definida como  $a \mathbf{P} b \Leftrightarrow g(a) < g(b)$ . Caso  $c$  seja indiferente, a  $d$  ( $c \mathbf{I} d$ ), então tem-se uma relação de indiferença definida como  $c \mathbf{I} d \Leftrightarrow g(c) = g(d)$ . O mais comum neste tipo de função é a otimização do custo.

As relações de incomparabilidade surgem quando não é possível comparar duas ações  $a$  e  $b$  ( $a \mathbf{R} b$ ). Isso ocorre quando o decisor não deseja ou não tem condições de comparar e quando existe incompatibilidade entre as melhores ações.

Os métodos multicritério proporcionam a capacidade de avaliar mais de um critério, sendo cada critério uma função matemática que mede a performance das ações potenciais com relação a um determinado aspecto. O objetivo é otimizar essas funções simultaneamente. Contudo, segundo Ensslin *et al.*, (2001, p. 52), só é possível otimizar globalmente situações que envolvam mais de um critério quando não existir incomparabilidade entre as ações.

### 3.3 Do contexto decisório

Devem ser tomadas três ações iniciais: identificar os atores envolvidos na tomada de decisão, identificar que tipo de ação será avaliada e decidir o tipo de avaliação feita por meio do modelo.

A identificação do decisor não é fato trivial, por vezes o poder decisório é difuso e a identificação do centro de poder pode se modificar de maneira dinâmica. Um método, segundo Ensslin *et al.*, (2001, p. 62), é mapear o contexto decisório em termos de grau de interesse dos candidatos e o grau de poder que eles podem exercer. O mapeamento será feito por meio de um gráfico (influências versus poder) no qual o eixo das abscissas indica o grau de poder relativo que o candidato tem para tomar a decisão e o eixo das ordenadas indica o grau de interesse relativo que o candidato tem sobre a decisão a ser tomada.

#### 3.3.1 Os tipos de ações

Na metodologia multicritério as ações representam objetos, decisões, alternativas, etc. que podem ser explorados durante o processo decisório e analisados pelo modelo multicritério a ser construído.

As ações são classificadas, segundo Ensslin *et al.*, (2001, p. 65), da seguinte forma:

##### *I - Ações reais:*

☞ São aquelas originadas de um projeto completamente desenvolvido e que pode ser executado.

*II - Ações fictícias:*

↳ Correspondem a um projeto idealizado ou não completamente desenvolvido.

*III - Ação global:*

↳ Trata-se daquela que é exclusiva de todas as outras ações introduzidas no modelo multicritério.

*IV - Ação fragmentada:*

↳ É aquela que não é exclusiva de todas as outras ações.

*V - Ação potencial:*

↳ É uma ação real ou fictícia, julgada pelo menos por um decisor, como um projeto cuja implementação pode ser razoavelmente prevista.

A definição de ação não envolve nenhuma idéia de viabilidade ou realismo. O conjunto de ações potenciais não é considerado necessariamente estável. Na metodologia multicritério, as ações podem ser incluídas e excluídas ao longo do processo de apoio à decisão. Isto é possível, segundo Ensslin *et al*, (2001, p. 66), devido “à arbitrariedade na delimitação de suas fronteiras, possibilidade de geração de novas ações ao longo do processo de apoio à decisão e modificações do contexto decisório”.

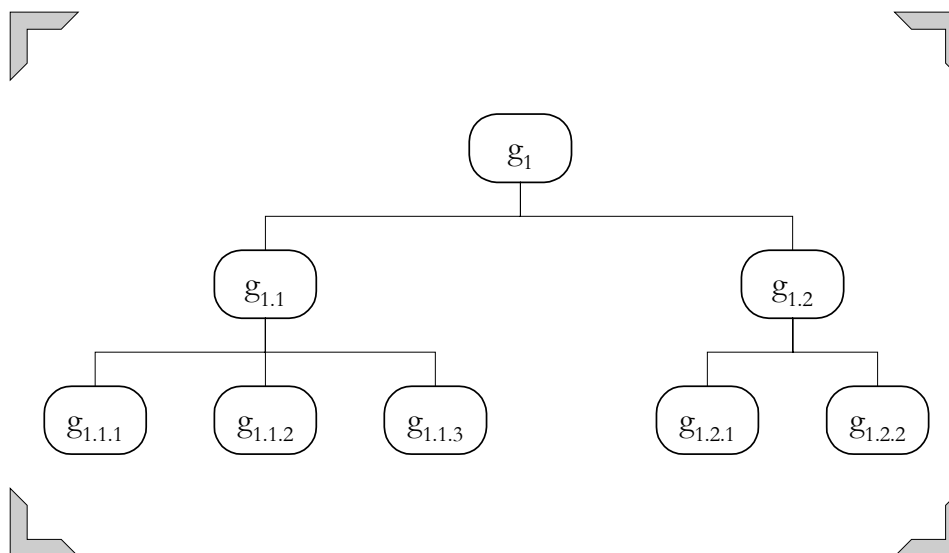
O decisor deve referenciar suas ações potenciais descrevendo suas características de maneira formal, classificando-as em categorias e ordenando-as por preferência. As categorias foram definidas por Ensslin *et al*, (2001, p. 67-71): descrição, alocação em categorias, escolha, ordenação e rejeição absoluta.

### 3.4 Dos pontos de vista fundamentais (PVFs)

O modelo multicritério possui uma estrutura arborescente, como indicado no Quadro 4, no qual são determinados os pontos de vista considerados como fundamentais pelos decisores. A estrutura do modelo é baseada na lógica de decomposição em que um critério ( $g_{i,j}$ ) complexo de ser mensurado pode ser decomposto em sub-critérios de mais fácil mensuração, ou seja, o critério de nível hierárquico superior é definido pelos sub-critérios de nível hierárquico inferior que estão conectados pela árvore.

Os critérios de nível hierárquico inferior devem possuir a propriedade de serem mutuamente exclusivos e o conjunto define por completo o nível hierárquico superior, ao qual estão conectados. No Quadro 4, o critério  $g_{1,2}$  é completamente definido e mensurável pelos sub-critérios  $g_{1,2,1}$  e  $g_{1,2,2}$ .

Quadro 4 - Estrutura do Modelo Multicritério



Fonte: Adaptado de Ensslin *et al*, (2001, p. 126).

O enquadramento do processo decisório, segundo Keeney (1998), é formado pelo conjunto de ações potenciais associado aos pontos de vista fundamentais dos decisores. Os pontos de vista fundamentais (PVFs), de acordo com Ensslin *et al*, (2001, p. 127), explicitam valores que os decisores consideram importantes naquele contexto e, de forma concomitante, definem as características das ações que são de interesse dos decisores. Os decisores, diante de um cenário, alcançam seus objetivos estratégicos por meios definidos como ponto de vista fundamentais (PVFs), os quais delimitam o conjunto de ações potenciais disponíveis.

### 3.4.1 Propriedades do ponto de vista fundamentais (PVFs)

Para construir um ponto de vista fundamental, conforme Quadro 5, é necessário enquadrar o candidato, segundo Ensslin *et al*, (2001, p. 131-143), nas seguintes propriedades:

#### *I - Essencial*

↳ É a necessidade de que o PVF tem em representar um aspecto que seja fundamentalmente importante segundo os objetivos estratégicos dos decisores.

#### *II - Controlável*

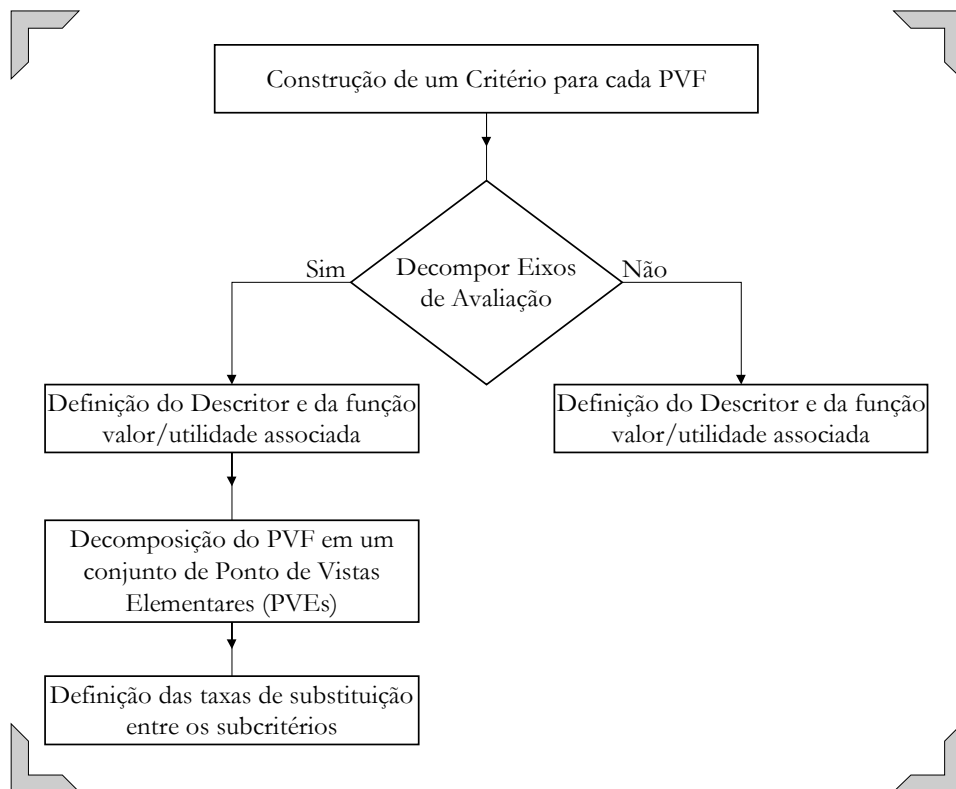
↳ É a necessidade de que o PVF tem em representar um aspecto que seja influenciado apenas pelas ações potenciais em questão.

*III - Completo*

- ✚ O conjunto de PVFs deve incluir todos os aspectos considerados como fundamentais pelos decisores.

*IV - Mensurável*

- ✚ O PVF deve permitir, com a menor ambigüidade possível, especificar a performance das ações potenciais, de acordo com os aspectos considerados.

**Quadro 5 - Construção de um Critério para cada PVF**

Fonte: Adaptado de Ensslin *et al*, (2001, p. 39).

*V - Operacional*

- ✚ O PVF deve possibilitar a coleta das informações requeridas sobre a performance das ações potenciais, dentro do tempo disponível e com um esforço viável.

*VI - Isolável*

- ✚ O PVF deve permitir a análise de um aspecto fundamental de forma independente em relação aos demais aspectos do conjunto.

*VII - Não-redundante*

- ↪ O conjunto de PVFs não deve permitir o mesmo aspecto mais de uma vez.

*VIII - Conciso*

- ↪ O número de aspectos considerados pelo conjunto de PVFs deve ser o mínimo necessário para modelar o problema de forma adequada.

*IX - Compreensível*

- ↪ O PVF deve ter significado claro e objetivo, permitindo a geração e comunicação de idéias.

Quando o objetivo for construir uma função valor ou utilidade, é requerida apenas a independência preferencial mútua entre pares de PVFs. Um PVF é preferencialmente independente dos outros PVFs se a ordem e a intensidade de preferência entre um par de ações potenciais, no PVF considerado, não depender da performance das mesmas ações nos demais PVFs. Esta verificação proporciona duas conseqüências fundamentais, segundo Ensslin *et al*, (2001, p. 167). A primeira é a possibilidade de realizar uma avaliação local, ou seja, medir a performance de um determinado PVF, independente da performance dos outros PVFs. A segunda é a factibilidade de realizar uma avaliação global, ou seja, determinar a performance global em todos os eixos de avaliação do modelo multicritério.

### 3.5 Dos descritores

Com o conjunto de pontos de vista fundamentais definido, o modelo multicritério é construído segundo um atributo que permita mensurar a performance de cada ação avaliada em cada ponto de vista. Para tanto, são necessários um descritor e uma função de valor ou utilidade associada ao descritor. Esta é uma etapa crucial na qualidade do modelo multicritério, pois a partir dos descritores que se iniciará o processo para identificar oportunidades de aperfeiçoamento.

O descritor é constituído por níveis de impactos, onde cada nível de impacto é visto como a representação do desempenho da ação potencial no objetivo considerado. Os níveis de impacto são ordenados em termos de preferência, de acordo com o sistemas de valores dos decisores, sendo que o nível mais atrativo corresponde a uma ação cuja performance é a melhor possível. De outra forma, o menos atrativo corresponde a uma ação cuja performance é a pior aceitável.

De acordo com o paradigma construtivista não existe um descritor ótimo, mas um descritor que é considerado adequado à medida em que os decisores o considerem como uma ferramenta apropriada para avaliar as ações potenciais.

### 3.5.1 Tipos e propriedades dos descritores

Os descritores podem ser classificados em três tipos, segundo Keeney (1998): diretos (têm o formato de uma medida numérica intrínseca); construídos ou indiretos (associa uma propriedade fortemente relacionada). Eles também podem ser, segundo Ensslin *et al*, (2001, p. 146), classificados em quantitativo ou qualitativo; contínuo (formado por uma função matemática contínua) ou discreto (formado por um número finito de níveis de impacto).

São necessárias algumas propriedades para que seja operacionalizado coerentemente o PVF e minimizada sua ambigüidade, segundo Keeney (1998) e Ensslin *et al*, (2001, p. 160-161):

#### *I - Mensurabilidade*

↳ Quando permitir quantificar a performance de uma ação de forma clara.

#### *II - Operacionalidade*

↳ Quando definir claramente como e quais dados coletar.

#### *III - Compreensibilidade*

↳ Quando permitir a descrição e interpretação da performance da ação potencial de forma não ambígua.

Após a construção dos descritores, devem ser definidos, em cada um deles dois níveis de impacto: o nível bom (melhor possível) e o nível neutro (pior aceitável). A definição destes níveis é necessária para os procedimentos de verificação da independência preferencial e para determinação das taxas de substituição<sup>28</sup>.

---

<sup>28</sup> Cf. Das taxas de substituição (*Trade-offs*), página 65

### 3.6 Das funções: valor e utilidade

A avaliação da performance das ações potenciais em cada ponto de vista se dá por meio da quantificação desta segundo os sistemas de valores. A função valor ou utilidade deve permitir avaliar as ações, segundo Keeney e Raiffa (1993), e auxiliar na articulação das preferências dos decisores. Contudo, a função valor e a função utilidade (utilizada em economia) não são a mesma coisa. Segundo Ensslin *et al.*, (2001, p. 187-188), o que as diferencia é a postura frente ao ambiente de incertezas. A função valor quantifica a preferência dos decisores quando não existem incertezas sobre a performance e a função utilidade incorpora as preferências dos decisores sob algum tipo de incerteza, incorporando suas atitudes frente ao risco.

A função de utilidade descreve o processo acerca da escala de valores que captura a atitude dos decisores na direção da tomada de riscos. A proposta de uma função utilidade, segundo Hobbs e Meier (2000, p. 72-75) é encontrar alguma função  $U_i(A_i)$  para cada atributo  $A_i$ , tal que o decisor possa optar entre uma alternativa  $X$  ou  $Y$ , segundo o seus respectivos valores esperados,  $E\{U(A_i)\}$ .

Ambas as funções valor e utilidade podem refletir o valor inerente dos diferentes níveis de atributos, bem como a atitude dos decisores na direção do risco<sup>29</sup>.

As características para aplicação da função utilidade, são os seguintes:

- ↳ Caracterizar a distribuição de probabilidade  $P(A_{ij})$  de  $A_i$  para cada opção  $j$ .
- ↳ Criar uma função utilidade de atributo singular.
- ↳ Calcular a utilidade esperada  $E\{U_i(A_i)\}$  do atributo  $i$  para cada  $j$ .

$$E\{U_i(A_i)\} = \int P_{ij}(A_{ij}) U_i(A_{ij}) dA_{ij}$$

**Equação 9 - Cálculo da Utilidade Esperada de um Critério**

Onde:

$P_{ij}(A_{ij})$  - Função densidade probabilidade do atributo  $i$  para a alternativa  $j$

$U_i(A_{ij})$  - Função exponencial determinada por uma função de valor determinística,  $V_i(A_i)$ , de escala de 0 (pior) a 1 (melhor), para um atributo  $A_i$ , usada como modelo de risco para o decisor,  $U_i(A_{ij}) = a + be^{cV_i(A_i)}$ .

<sup>29</sup> Cf. Gráfico 7 - Curvas de indiferenças elaboradas com os decisores página 47



Acredita-se ser prudente adotar funções de valor em funções de utilidade a fim de avaliar melhor as diferentes atitudes de risco de cada decisor. De fato, há evidência de uma escala empírica que faz uma diferença significativa na tomada de decisões.

### 3.6.1 Método para construção de funções

Embora na bibliografia existam vários métodos para construir funções, nesta seção serão comentados os dois métodos pertinentes ao estudo de caso descrito no capítulo 5: a pontuação direta e o julgamento semântico.

#### *I - Método da Pontuação Direta*

É um dos métodos mais importantes e amplamente utilizado. O método consiste em formar um conjunto de níveis de impacto por descritor e ordená-los preferencialmente, com a prévia definição do pior e do melhor nível.

Nestes dois níveis são associados, respectivamente, os valores de 0 e 10 e em seguida os decisores são argüídos de forma a expressar numericamente a atratividade dos demais níveis segundo a importância atribuída ao nível de impacto.

A vantagem deste método, segundo Ensslin *et al*, (2001, p. 192), é a rapidez na obtenção de uma função de valor, a simplicidade do procedimento e a ausência de transformações matemáticas que possam afetar a credibilidade para os decisores.

A desvantagem é exigir que os decisores expressem sua preferências numericamente, o que pode gerar funções não desejáveis para o decisor.

#### *II - Método do Julgamento Semântico*

Neste método a função de valor é obtida através de comparações par a par, segundo a diferença de atratividade entre as ações potenciais. Estas comparações são feitas solicitando aos decisores que expressem qualitativamente, por meio de uma escala semântica, a intensidade de preferência de uma ação sobre a outra.

O método mais utilizado no ambiente científico para construir uma função valor ou utilidade é o MACBETH (*Measuring Attractiveness by a Categorical Based Evaluation Technique*), desenvolvido por Bana e Costa e Vansnick (1995) em software, o qual utiliza modelos de programação linear para determinar a função de valor .

O MACBETH faz uso das seguinte categorias semânticas:

C0 – nenhuma diferença de atratividade

C1 - diferença de atratividade muito fraca

C2 - diferença de atratividade fraca

C3 - diferença de atratividade moderada

C4 - diferença de atratividade forte

C5 - diferença de atratividade muito forte

C6 - diferença de atratividade extrema

Com base nesta informação, que é obtida entre os pares de ações, constrói-se uma matriz semântica, que fornece ao software os dados necessários para a construção de uma escala cardinal sobre o conjunto  $\mathcal{A}$  de ações, por meio de uma resolução encadeada, de quatro programas lineares<sup>30</sup>.

Matriz semântica:

|                | N <sub>5</sub> | N <sub>4</sub> | N <sub>3</sub> | N <sub>2</sub> | N <sub>1</sub> |
|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| N <sub>5</sub> | 0              | C2             | C3             | C4             | C5             |
| N <sub>4</sub> |                | 0              | C2             | C3             | C4             |
| N <sub>3</sub> |                |                | 0              | C2             | C3             |
| N <sub>2</sub> |                |                |                | 0              | C2             |
| N <sub>1</sub> |                |                |                |                | 0              |

Onde,  $N_i$  são os níveis de impacto do descritor e  $C_j$  o julgamento semântico feito par a par

A vantagem deste método está em expressar as preferências entre pares de ações, de forma qualitativa.

A desvantagem está na quantidade de questionamentos que é imposta ao decisor e também, por vezes, não existe, nenhuma função valor compatível com a matriz de julgamento semântico.

<sup>30</sup> Estes programas, suas funções objetivo e restrições, são exaustivamente descritos em Bana e Costa e Vansnick (1995, p. 25-28).

### 3.6.2 Funções de valor para decisões em grupo

No caso do planejamento de sistemas de energia elétrica, as decisões geralmente serão tomadas em grupo. Desta maneira, é necessária a participação de todos os decisores no desenvolvimento das funções de valor e o processo dialético de discussão e negociação deve ser considerado por todos.

É necessário que as regras do jogo sejam definidas previamente caso existam opiniões divergentes sobre os julgamentos do método utilizado para definir a função.

## 3.7 Das taxas de substituição (*Trade-offs*)

As taxas de substituição de um modelo multicritério representam, de acordo com Ensslin *et al*, (2001, p. 219), a perda de performance que uma ação potencial deve sofrer sobre o critério para compensar o ganho de desempenho em outro. A necessidade destas taxas, Ensslin *et al*, (2001, p. 219), Hobbs e Meier (2000, p. 75-85) é revelada na avaliação das ações potenciais, avaliações locais e global, neste ultimo caso será utilizado uma função de agregação aditiva da seguinte forma:

$$V(a) = w_1 \cdot v_1(a) + w_2 \cdot v_2(a) + w_3 \cdot v_3(a) + \dots + w_n \cdot v_n(a) \text{ ou}$$

$$\text{genericamente } V(a) = \sum_{i=1}^n w_i v_i(a)$$

**Equação 10 - Função de Agregação Aditiva**

Onde:

$V(a) \rightarrow$  Valor global da ação  $a$ .

$v_1(a), v_2(a), v_3(a), \dots, v_n(a) \rightarrow$  Valor parcial da ação  $a$  nos critérios  $1, 2, 3, \dots, n$ .

$w_1, w_2, w_3, \dots, w_n \rightarrow$  Taxas de substituição dos critérios  $1, 2, 3, \dots, n$ .

$n \rightarrow$  Número de critérios do modelo

As taxas de substituição são consideradas como constantes de escala, que transformam valores locais de preferência em valor globais.

### 3.7.1 Método de comparação par a par

Existem diversos métodos para obtenção das taxas de substituição, porém será mostrado apenas o utilizado no estudo de caso descrito no capítulo 5. O procedimento para obter as taxas de substituição

utilizando-se a comparação par a par é semelhante ao julgamento semântico utilizado para determinar as funções de valor<sup>31</sup>. O software MACBETH utiliza modelos de programação linear para determinar as taxas de substituição para cada critério. O método compara par a par as ações fictícias com performances diferentes.

A comparação visa a ordenação preferencial dos critérios e pode ser auxiliada nos casos em que torna-se difícil a ordenação pela matriz de Roberts (Roberts, 1979, p. 129). A vantagem do método, segundo Ensslin *et al*, (2001, p. 230), é que a utilização deste software não exige que as preferências dos decisores sejam expressas de forma numérica; já as desvantagens são as taxas a serem obtidas de maneira indireta e isto exige uma pré-ordenação dos critérios por preferências, sendo que por vezes, não se consegue fornecer taxas de substituição que contentem os julgamentos qualitativos dos decisores.

As taxas de substituição para decisões em grupo, assim como para a obtenção das funções de valor<sup>32</sup>, têm a necessidade da participação de todos os decisores envolvidos no processo de decisão. Ensslin *et al*, (2001, p. 230) afirma que é muito importante existir uma definição de regras prévias, e aceitas por todo o grupo, para lidar com as opiniões divergentes.

### 3.8 Da avaliação do modelo

O processo de avaliação de desempenho das ações dentro dos critérios do modelo é realizado por meio de uma fórmula de agregação aditiva, o que permite incluir as avaliações locais e obter a avaliação global.

Para a avaliação local das ações potenciais, segundo o modelo construído, é preciso obter o desempenho da ação potencial em cada um dos critérios e sub-critérios de acordo com o gráfico construído da função de valor correspondente à performance daquele critério ou sub-critério.

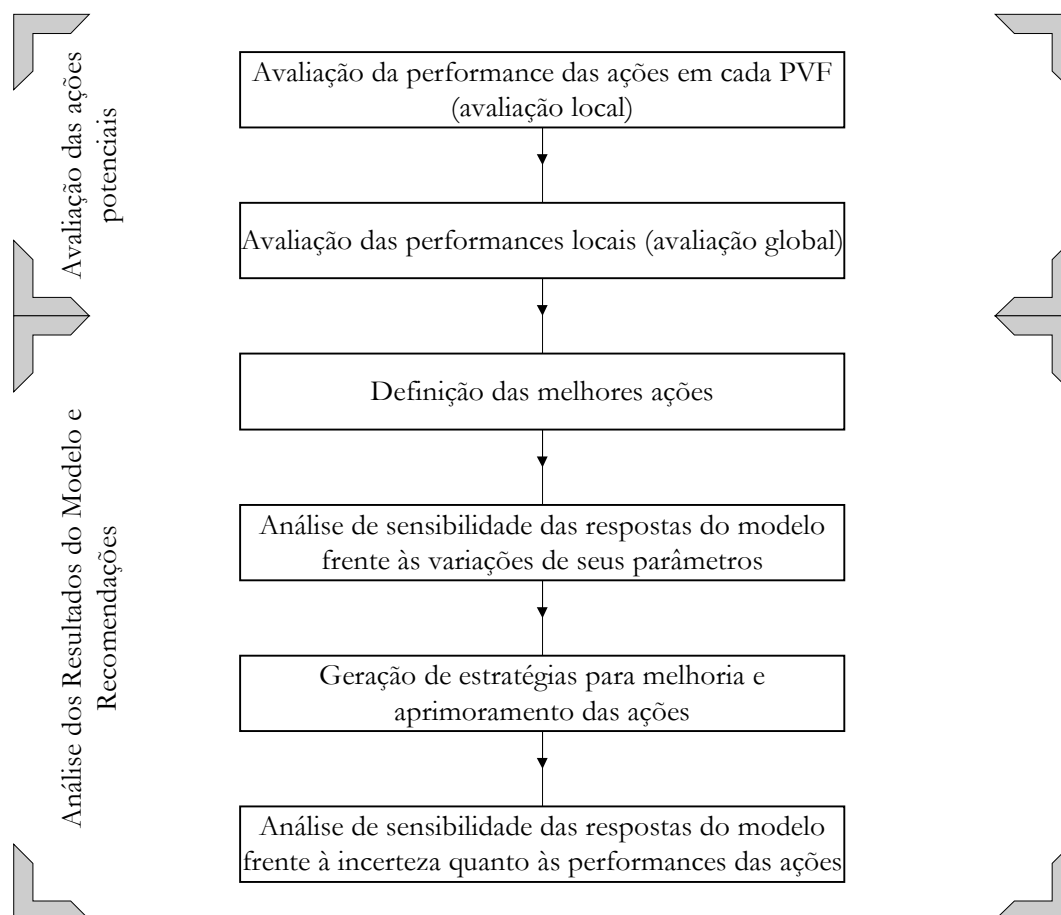
Uma visão mais abrangente das partes que constituem a avaliação do modelo pode ser obtida no Quadro 6.

---

<sup>31</sup> Cf. Método para construção de funções, página 63

<sup>32</sup> Cf. Funções de valor para decisões em grupo, página 65

Quadro 6 - Avaliação das Ações Potenciais



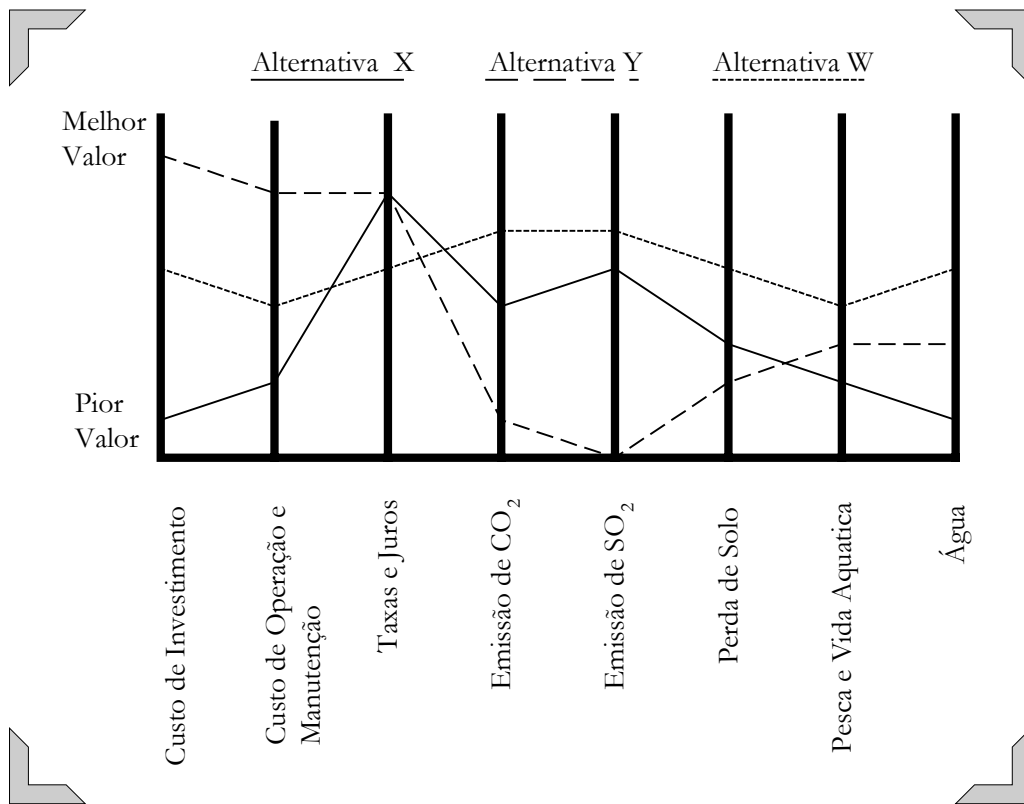
Fonte: Adaptado de Ensslin *et al*, (2001, p. 40).

Após obter a avaliação local das ações potenciais é interessante, afirma Ensslin *et al*, (2001, p. 241), comparar as ações potenciais e determinar os seus pontos fortes e fracos, traçando o seu perfil de impacto, ver Gráfico 9. O perfil de impacto é útil para avaliar as ações e possibilitar a geração de oportunidades para aperfeiçoá-las.

O perfil de impacto representa a pontuação das ações potenciais em cada eixo de avaliação. No eixo horizontal é apresentado o nome dos critérios e sub-critérios e, no eixo vertical, o desempenho da ação potencial.

O perfil de impacto, serve para a tomada de decisão quando fica claro que existe uma alternativa dominante ou quando os decisores julgarem holisticamente, por meio das avaliações locais, qual é a melhor ação. Desta forma, não é necessário estipular uma forma de agregar as avaliações locais.

Gráfico 9 - Perfil de Impacto das Ações Potenciais



Fonte: Adaptado de Hobbs e Meier (2000, p. 60)

### 3.8.1 Avaliação global

A avaliação global é requisitada apenas quando o perfil não for suficiente para auxiliar a decisão. Neste caso, a avaliação é feita por meio da Equação 10, otimizando-a da seguinte forma:

$$\max \sum_{i=1}^n w_i v_i(a)$$

**Equação 11 - Função Objetivo da Avaliação Global**

sujeito a

$$w_1 + w_2 + w_3 + \dots + w_n = 1$$

$$1 > w_i > 0$$

$$v_i(a_{\text{melhor possível}}) = 100$$

$$v_i(a_{\text{pior aceitável}}) = 0$$

$$V(a_{\text{melhor possível}}) = 100$$

$$V(a_{\text{pior aceitável}}) = 0$$

Onde:

$V(a) \rightarrow$  Valor global da ação  $a$ .

$v_1(a), v_2(a), v_3(a), \dots, v_n(a) \rightarrow$  Valor parcial da ação  $a$  nos critérios  $1, 2, 3, \dots, n$ .

$w_1, w_2, w_3, \dots, w_n \rightarrow$  Taxas de substituição dos critérios  $1, 2, 3, \dots, n$ .

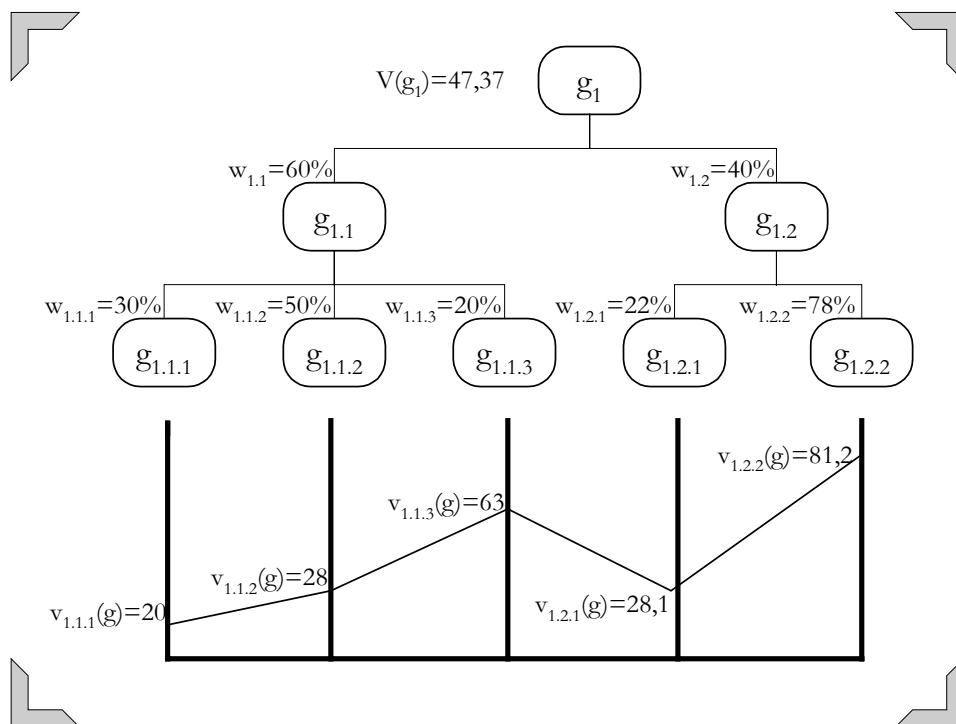
$n \rightarrow$  Número de critérios do modelo

A avaliação global de uma ação potencial requer apenas duas informações: A performance local da ação potencial e as taxas de substituição do modelo.

Para poder utilizar a Equação 11, é necessário, de acordo com Ensslin *et al*, (2001, p. 245), que os critérios e sub-critérios do modelo sejam preferencialmente independentes.

É recomendável utilizar uma representação gráfica, conforme Gráfico 10, para representar a performance das ações potenciais, pois isso facilita a visualização. Este gráfico demonstra o perfil de impacto, as taxas de substituição dos pontos de vista fundamentais ( $g_{1,1}$  e  $g_{1,2}$ ) e dos pontos de vista elementares ( $g_{1,1,1}$ ,  $g_{1,1,2}$ ,  $g_{1,1,3}$ ,  $g_{1,2,1}$  e  $g_{1,2,2}$ ) e os respectivos valores atribuídos, pelo decisor, para cada descritor do ponto de vista elementar.

**Gráfico 10 - Exemplo de Avaliação global**



Fonte: Adaptado de Ensslin *et al*, (2001, p. 248)

Com estes dados pode se obter, o seguinte:

*I - Avaliação local*

↳ Ponto de vista fundamental ( $g_{1,1}$ )  $\rightarrow V(g_{1,1}) = 0,30 \times 20 + 0,50 \times 28 + 0,20 \times 63 = 32,6$

↳ Ponto de vista fundamental ( $g_{1,2}$ )  $\rightarrow V(g_{1,2}) = 0,22 \times 28,1 + 0,78 \times 81,2 = 69,52$

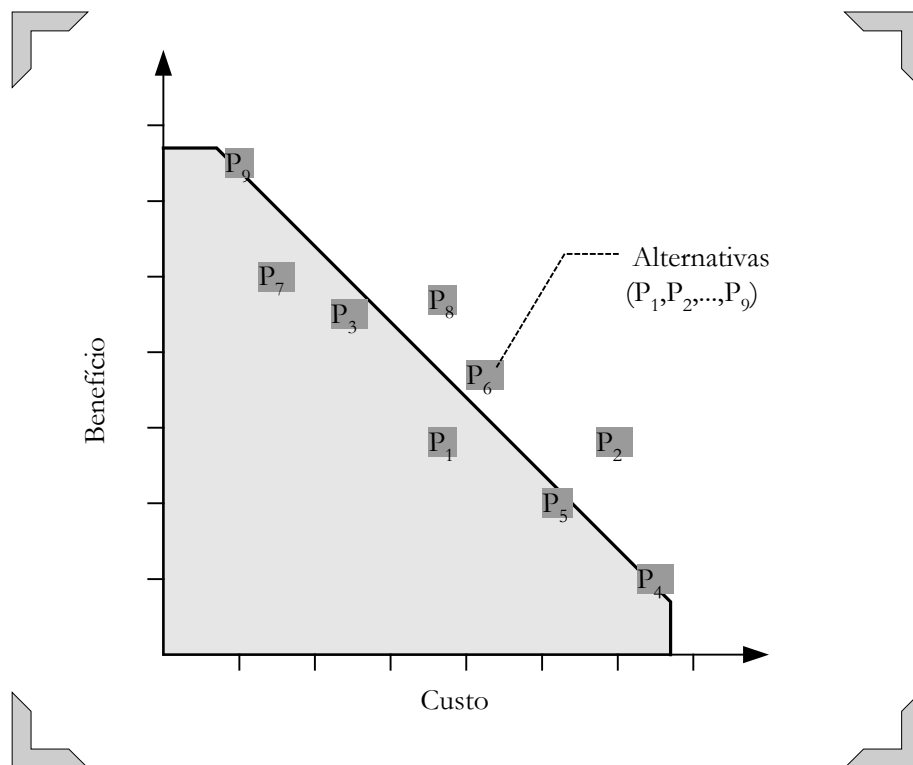
*II - Avaliação global*

↳ Revela a atratividade da alternativa ( $g_i$ ) ao decisor  $\rightarrow V(g_i) = 0,60 \times 32,60 + 0,40 \times 69,52 = 47,37$

### 3.8.2 Análise de Custo/Benefício

A análise de custo/benefício é feita com a finalidade de comparar as alternativas e permitir o descarte de ações que são dominadas por outras. Para tal, é necessário agrupar os critérios em dois grupos distintos: o de custos e o de benefícios. É feita uma representação gráfica dos valores obtidos na avaliação local de cada critério, conforme Gráfico 11, onde no eixo das ordenadas é representado o benefício e nas abscissas o custo.

Gráfico 11 - Exemplo Gráfico de Análise Custo/Benefício



Fonte: Adaptado de Ensslin *et al*, (2001, p. 251)



As alternativas que se encontram na área hachurada do Gráfico 11 são classificadas como dominadas. Segundo Goodwin e Wright, (1998), esta área é delimitada pela fronteira eficiente e, portanto, as ações nesta fronteira oferecem um melhor custo/benefício.

Outra análise, sugerida por Ensslin *et al*, (2001, p. 252), é a do benefício por unidade monetária gasta, o que fornece uma idéia de quanto dinheiro a mais seria gasto para incrementar o benefício que uma determinada ação pode proporcionar.

### 3.9 Da análise de sensibilidade

A análise de sensibilidade é requisito para obter o comportamento do critério mediante a alteração de sua taxa de substituição e em relação à avaliação global. Essa análise é de extrema valia quando existir incerteza sobre a performance de uma ação potencial.

A análise permite verificar o comportamento da taxa de substituição do critério ou da performance de uma ação com relação às avaliações locais e global. De acordo com Goodwin e Wright, (1998), a análise de sensibilidade é definida como o exame da robustez das respostas do modelo frente a alteração nos parâmetros do critério em questão, e consiste em alterar as taxas e verificar a contribuição na avaliação final.

O uso desta ferramenta é justificável quando ocorrer em algumas fontes de imprecisão em modelos multicritério, afirma Ensslin *et al*, (2001, p. 270). As fontes de imprecisão em modelos multicritério são classificadas da seguinte forma:

- ✎ Os atores envolvidos no processo decisório são forçados, a fazer uma escolha entre a riqueza e legibilidade, ou seja, quanto mais rico, mais representativo o modelo será, porém torna-se mais complexo e de difícil compreensão;
- ✎ As representações numéricas usadas em modelos de apoio à decisão são apenas “ordens de magnitude”, não quantidades exatas;
- ✎ As preferências dos decisores são construídas e a quantificação de seus juízos de valores não é um processo natural em termos cognitivos. Desta forma, os valores de parâmetros do modelo de apoio à decisão não são uma descrição exata dos sistemas de preferências.

A análise de sensibilidade pode ser efetuada de forma numérica e gráfica. Nesta seção será apresentada apenas a análise numérica, pois esta será implementada no estudo de caso exposto no capítulo 5.

#### Análise Numérica

A análise de sensibilidade será efetuada por meio das taxas de substituição, onde é modificada a taxa em apenas um dos critérios, e analisa-se como foram afetadas as demais taxas de substituição envolvidas assim como a avaliação local do critério em questão.

As taxas de substituição afetadas pela modificação da taxa referente ao critério do qual deseja-se verificar a análise de sensibilidade devem ser recalculadas, segundo Ensslin *et al.*, (2001, p. 272), com a seguinte equação:

$$w_n^* = \frac{w_n \times (1 - w_i^*)}{(1 - w_i)}$$

**Equação 12 – Análise de  
Sensibilidade**

Onde:

$w_i \rightarrow$  Taxa de substituição original do critério  $i$

$w_i^* \rightarrow$  Taxa de substituição modificada do critério  $i$

$w_n \rightarrow$  Taxa de substituição original do critério  $n$

$w_n^* \rightarrow$  Taxa de substituição recalculada do critério  $n$

### **3.10 Conclusões do capítulo**

Este capítulo apresentou os fundamentos, as características, as propriedades e o processo de implementação da metodologia proposta para o planejamento energético no contexto e ambiente descritos no capítulo 2.

Foi demonstrado neste capítulo que a técnica multicritério de apoio à decisão é um método de investigação no qual são apresentados claramente os resultados da distribuição dos benefícios e/ou custos do processo decisório e a garantia do envolvimento dos atores e da mensuração das consequências dos valores julgados. Essa metodologia auxilia de forma precisa e sistemática a tomada de decisão com o uso de uma linguagem rigorosa e de instrumentos analíticos de molde lógico-dedutivo, além de apresentar a possibilidade de análise de risco, quando existe uma baixa casualidade

ou incertezas associadas a um critério definido no planejamento. É também por meio desta técnica que abre-se a possibilidade de quantificar impactos políticos, econômicos e sócio-ambientais, sendo este último parte presente nesta pesquisa e relatado no capítulo 4.

As aplicações desta técnica, segundo Hobbs e Meier (2000, p. 123-159), incluem aplicações na avaliação de impactos ambientais, licitação de recursos, planejamento integrado de recursos, desenho do sistema de transmissão, expansão da geração e planejamento da política energética nacional. Desta forma, este capítulo demonstra as reais possibilidades de integração da técnica multicritério de apoio à decisão ao planejamento de sistemas de energia num ambiente de mercado.

No próximo capítulo será demonstrado o uso da metodologia multicritério na avaliação de impactos sócio-ambientais para o planejamento do setor elétrico.



“O desenvolvimento político, jurídico, filosófico, religioso, literário, artístico, etc., repousa sobre o desenvolvimento econômico. Mas reagem todos igualmente uns sobre os outros, assim como sobre a base econômica.”

Friedrich Engels

CAPÍTULO

4

## **MODELO MULTICRITÉRIO PARA EMPREENDIMENTOS NO SETOR ELÉTRICO**

### **4 Modelo Multicritério para Empreendimentos no Setor Elétrico**

CONFORME apresentado nos capítulos anteriores, a metodologia multicritério proporciona ao planejamento energético uma grande adaptabilidade para absorver os novos valores e a dinâmica de mercado num contexto que requer eficiência e integração dos recursos energéticos.

A proposta deste capítulo é demonstrar a viabilidade do planejamento de sistemas de energia por meio da técnica multicritério. Portanto, será apresentado o modelo multicritério de apoio à decisão implementado para a avaliação do passivo sócio-ambiental em empreendimentos de geração, transmissão e subestação de energia. A aplicação do modelo proposto neste capítulo será demonstrada no capítulo 5, baseada, no estudo apresentado por Furtado *et al*, (1999), que mostra os custos ambientais de um sistema de transmissão de 500kV. O planejamento da transmissão, distribuição e

geração, segundo Hobbs e Meier (2000, p 123-159), envolve um intercâmbio entre os sistemas de análises de custo, confiabilidade e meio ambiente e a metodologia multicritério tem sido pouco aplicada nesta área, apesar de ser extremamente factível, o que justifica o caráter inovador desta abordagem para o planejamento energético.

O conteúdo deste capítulo relaciona-se aos empreendimentos de porte para o setor elétrico. Contudo, através de simplificações analisadas caso a caso, poderá ser aplicado a empreendimentos de qualquer vulto.

## **4.1 Da implementação de variáveis sócio-ambientais ao planejamento energético**

Ao demonstrar a viabilidade de incorporar variáveis qualitativas de cunho social, ambiental, econômico e político ao planejamento de sistemas de energia elétrica, este capítulo apresenta um modelo capaz de transpor as limitações metodológicas e institucionais<sup>33</sup> de impactos sócio-ambientais pertinentes ao setor que, por vezes, pode inviabilizar um empreendimento.

A inserção da variável sócio-ambiental no planejamento estratégico das empresas, segundo a ELETROBRÁS, (2000a, p. 5), aumentou nos últimos anos devido ao uso de instrumentos de gestão no auxílio à tomada de decisão, tais como Auditoria Ambiental (*Environmental Auditing*) e Avaliação de Impacto Ambiental (*EIA – Environmental Impact Assessment*). Desta forma, considerando a necessidade do auxílio à decisão sobre este tema, o presente capítulo pode fornecer importante contribuição no desenvolvimento metodológico da avaliação de impactos sócio-ambientais do setor elétrico.

### **4.1.1 Por que avaliação de passivos sócio-ambientais ?**

A determinação econômica dos passivos ambientais proporciona a alocação de recursos de forma mais eficiente, contribuindo para a hierarquização mais racional das ações a serem desenvolvidas nas diversas áreas do setor elétrico.

---

<sup>33</sup> Cf. Objetivos da dissertação, página 3

A utilização da avaliação dos passivos sócio-ambientais de forma sistêmica garante uma percepção da realidade, ou seja, por vezes as percepções do analista, dos decisores e atores intervenientes numa tomada de decisão que envolve muitos conhecimentos e critérios são interrompidas pelo reconhecimento do objeto em detrimento de seus efeitos. Muitas vezes, o processo decisório é interrompido por um enquadramento de uma variável interveniente que já está armazenada no arcabouço mental dos atores envolvidos. Neste momento há o rotulamento desta variável interveniente e o processo decisório torna-se menos apropriado à compreensão do todo funcional e de suas conformidades econômicas interdependentes, desde o uso racional e sustentável dos recursos naturais às interferências sociais e econômicas do empreendimento, bem como todos os seus benefícios, externalidades e por ventura, falhas de mercado. Isto inviabiliza a eficiência dos fluxos de capital e a análise das oportunidades ótimas de investimentos nos sistemas de energia e no fornecimento público de serviços.

Portanto, esta análise ganha grande importância nas operações de associação, fusão, compra ou venda de ativos, seguro, transações imobiliárias, abertura ou aumento de capital e em qualquer outra na qual o valor de mercado do próprio objeto das operações é fortemente impactado pelo passivo sócio-ambiental ou pelas expectativas em torno do mesmo passivo. Ora, o comprador se torna titular do ativo e do passivo do respectivo empreendimento<sup>34</sup>.

O conceito contábil de passivo sócio-ambiental é de extrema sensibilidade, porque envolve conceitos culturais e os recursos naturais são assim chamados em virtude de serem compreendidos como coisa que tem valor (um bem não disputável e não exclusivo)<sup>35</sup> e seus direitos de uso frequentemente conflitantes, ou seja, um usuário diminui o uso ou deprecia o valor do recurso disponível. Desta forma, nem sempre é possível determinar, com precisão e aceitação universal, as metas de controle de emissões de uma fonte ou ainda de uma remediação ambiental.

O método inovador desta análise está no uso da técnica multicritério que incorpora a visão da totalidade do sistema e faz uso de um método de investigação, científico e racional, para absorver as variáveis intervenientes sócio-ambientais. A análise de passivo sócio-ambiental tem como parte inicial um método de valoração de passivos ambientais<sup>36</sup> e sociais<sup>37</sup> dos projetos para o setor elétrico, o que

---

<sup>34</sup> Maiores informações ver em Bonomi e Malvessi (2002).

<sup>35</sup> Cf. Bens não disputáveis e não exclusivos, página 39

<sup>36</sup> Maiores detalhes sobre a valoração de recursos naturais ver em Mota (2001), Pearce e Moran (1994), Motta (1998) e ELETROBRAS (2000b).

<sup>37</sup> Maiores detalhes ver em Contador (1988).

fornece subsídios para consolidar a metodologia multicritério no planejamento de sistemas de energia elétrica.

## **4.2 Do objetivo do modelo proposto**

O objetivo da implementação do modelo multicritério, é avaliar o passivo sócio-ambiental que, segundo a ELETROBAS (2000a), é um instrumento de mensuração e avaliação dos riscos potenciais ao negócio ou planejamento, relacionados ao cumprimento da legislação ambiental vigente ou quaisquer obrigações (fazer, deixar de fazer, indenizar, compensar ou assumir qualquer outro compromisso) de caráter ambiental, e que tenham impacto econômico sobre o negócio ou planejamento.

Com a implementação da técnica multicritério de apoio à decisão, são propostos objetos e mecanismos de investigação da eventual existência de geradores de dispêndios, ou seja, de passivos, tanto na área de adequação administrativa e técnica como na remediação ou compensações e indenizações quando previsíveis. Também se propõe avaliações sistemáticas dos montantes financeiros envolvidos para consecução das ações potenciais a serem implantados.

O objetivo é fornecer um roteiro para a auxílio à tomada de decisão entre as alternativas de empreendimentos de geração e transmissão de energia elétrica. No capítulo 5, será exposto um estudo focado sobre o sistema de transmissão de energia elétrica, para avaliação de passivos sócio-ambientais do setor elétrico que contenham os procedimentos a serem realizados para análise, verificação e ações potenciais que serão utilizadas como guias da avaliação.

## **4.3 Da aplicabilidade do modelo proposto**

Quando ocorre aquisição ou venda de ativos físicos se transaciona também, segundo a ELETROBRÁS (2000a, p. 02), a responsabilidade civil sobre a adequação aos requisitos legais vigentes e sobre a poluição acumulada e seu valor, a partir dos custos estimados para as ações potenciais necessárias à regularização administrativa e à adequação dos processos, instalações e sistemas que não estejam cumprindo um desempenho adequado quanto aos fatores sócio-ambientais, à remediação social e do meio ambiente, bem como a indenização de pessoas e entidades afetadas pelo empreendimento.

O desenvolvimento de projetos ou planejamento de empreendimentos pode apresentar os fatores geradores de fluxos de caixa positivos e negativos, de sucessos e de problemas, aí incluídos os aspectos sócio-ambientais caso não sejam adequadamente identificados, planejados e executados, independentemente da fase de implantação de projeto que poderão dar ensejo a sérios riscos e graves prejuízos, conhecidos como *Business Killers* (*negócios arriscados*).

A avaliação de passivos proposta corresponde a uma forma sistemática de diagnóstico e valoração do contexto decisório para o apoio à tomada de decisão existente no planejamento. Com base neste modelo implementado de avaliação será possível:

- ✚ Avaliar uma unidade de empreendimento do setor elétrico, com vistas à identificação e priorização dos passivos sócio-ambientais, contribuindo para o aperfeiçoamento do apoio à tomada de decisão;
- ✚ Avaliar os montantes econômicos a serem alocados para solucionar questões sociais, políticas e ambientais, classificados como passivos em função de critérios, contribuindo para a reduzir riscos em transações comerciais (compra, venda, privatização, associações, fusões, etc);
- ✚ Avaliar os impactos dos custos das atividades ligadas à operação, manutenção e adequação das unidades, aos processos e sistemas de aspectos sócio-ambientais, bem como daqueles custos associados a remediações sociais e ambientais, compensações e indenizações de natureza ambiental, de forma a contribuir para uma avaliação técnico-econômica mais precisa de novos empreendimentos, sejam estes de iniciativa individual de uma empresa ou por meio de parcerias.

## **4.4 Dos critérios de avaliação de passivos sócio-ambientais para o setor elétrico**

Em qualquer transação econômica é muito difícil estabelecer o valor justo do objeto, seus reflexos e suas externalidades, conforme apresentado no capítulo 2.

Os valores das externalidades e dos impactos sócio-ambientais decorrentes de características de empreendimentos do setor elétrico, linhas de transmissão por exemplo, não possuem padrões absolutos no que se refere ao desempenho de fontes de poluição, ao estado de qualidade do meio ambiente ou quanto ao sistema ideal de monitorização, gestão e controle dos aspectos e impactos sócio-ambientais. Sempre existe a possibilidade de realizar o empreendimento com menos emissão,



com mais controle, com menos alteração para o meio ambiente, porém a preços correspondentemente mais altos.

A manifestação econômica dos passivos pode ser obtida dos custos de implantação dos sistemas de controle, dos custos de estudos a realizar<sup>38</sup> e dos custos das multas e das indenizações, entre outros. O impacto econômico dos passivos sócio-ambientais pode ser causado pelos custos financeiros decorrentes de atrasos não previstos no planejamento, na implantação ou na operação de empreendimentos no setor elétrico.

Os critérios para definir o que é passivo, segundo a ELETROBRÁS (2000a, p. 4), são os seguintes:

*I - Legislação aplicável, que pode exigir a adoção de:*

- ✚ Providências administrativas tais como requerimentos prévios, execução de estudos ambientais etc;
- ✚ Implementação de ações para adequar instalações, atividades, processos, serviços, matérias primas ou produtos;
- ✚ Ações de remediação a serem realizadas no meio ambiente para que ele volte a exibir a qualidade mínima determinada para atendimento de suas funções sociais e de suporte à vida, à biodiversidade e ao bem-estar;
- ✚ Ações de compensação a partes eventualmente afetadas pelas atividades da organização.

*II - Exigências e compromissos assumidos a exemplo de:*

- ✚ Exigências técnicas lavradas nos versos de autos administrativos (licenças, multas ou autorizações) das agências de controle ambiental; instrumentos de transação, na forma da lei, com o Ministério Público ou com partes interessadas ou potencialmente afetadas pelas atividades, processos e produtos da organização; acordos públicos lavrados com as mesmas partes interessadas; sentenças judiciais e termos de compromisso com a justiça.

*III - Cumprimento da política ambiental da organização:*

- ✚ Atendimento de diretrizes ou programas corporativos e objetivos da própria organização, declarados ao público interno e externo.

---

<sup>38</sup> Este item será foco do estudo de caso apresentado no capítulo 5.

*IV - Orientações e obrigações:*

- Referentes a agentes financiadores e entidades de fomento, constantes dos respectivos contratos firmados e requisitos de companhias classificadoras e seguradoras.

*V - Ações Corretivas:*

- Definidas por estudos de risco e necessárias para prevenir eventuais riscos graves ou iminentes ao meio ambiente, à saúde humana ou à propriedade. Nestes estudos, deverão ser definidos os critérios de aceitabilidade do risco envolvido.

*VI - Qualquer tipo de ação (remediação, adequação, compensação, etc...)*

- Referente a passivos gerados por terceiros, independentemente da responsabilidade civil sobre o objeto em questão e que venha a constar do balanço contábil da empresa como despesa, a exemplo daquelas de manutenção da capacidade de reservatórios (dragagens, controle de algas, contribuições ao saneamento básico em municípios próximos, programas de educação ambiental, etc...), fundamentais para a garantia da vida útil de corpos d'água que, embora causadas por desídia, negligência ou outras causas imputáveis a terceiros, por razões da mais absoluta prática, devem ser ações implantadas por iniciativa e às expensas do empreendedor.

*VII - Avaliações de passivos:*

- A avaliação da viabilidade e probabilidade da entrada em vigor de novas leis e regulamentos, podendo-se, nesses casos, incluir a provável demanda econômica futura.

## **4.5 Das necessidades para implementação do modelo proposto**

Refere-se à necessidade imperativa de procedimentos e informação para complementar a pesquisa, conforme Furtado *et al.* (1999), utilizando modelo multicritério para obter, ao final, uma qualidade desejável nos resultados do modelo.

### **4.5.1 Informações públicas**

As informações públicas são essenciais para avaliação e, segundo a ELETROBRÁS (2000a, p. 10-12), provém das seguintes fontes:

- ↳ Órgãos Ambientais;
- ↳ Secretarias de Meio Ambiente;
- ↳ Departamentos responsáveis pela autorização de supressão vegetal;
- ↳ Mapas, fotos e imagens de satélites em escalas compatíveis com a escala de trabalho;
- ↳ Acordos de financiamento;
- ↳ Escrituras e documentos relativos a ocupação das terras;
- ↳ Demandas comunitárias.

As informações públicas devem fornecer dados sobre:

- ↳ As responsabilidades potenciais gerada por atividades passadas, assim como a gestão de resíduos dentro e fora da área da unidade;
- ↳ A adequação dos procedimentos operacionais em atendimento a limites legais;
- ↳ As licenças existentes;
- ↳ A existência de pendências e seus cumprimentos, as regras administrativas adotadas, as políticas e os procedimentos da companhia; o relacionamento e os compromissos assumidos com as comunidades e a imagem da companhia no mercado.

#### **4.5.2 Informações fornecidas pelo empreendedor**

As informações fornecidas pelo empreendedor são confidenciais e é necessário que seja fornecida uma lista de documentos disponíveis, sobre a operação da unidade e todas as licenças e os acordos realizados ao longo da vida útil do empreendimento.

#### **4.5.3 Informações gerais sobre a unidade avaliada**

Para cada unidade, devem ser obtidas e apresentadas, no mínimo, as seguintes informações:

- ↳ Nome da unidade ou empreendimento e áreas de apoio.
- ↳ Endereço completo da instalação ou empreendimento e áreas de apoio.
- ↳ C.G.C, Inscrição Federal, Inscrição Estadual e Inscrição Municipal.
- ↳ Código Nacional de Atividades Econômicas.
- ↳ Descrição da região onde se insere a unidade ou empreendimento e destaque para pontos notáveis e de interesse para avaliação de passivos ambientais tais como reservas ambientais, áreas de proteção de mananciais, corpos d'água, florestas, matas, pântanos, comunidades e instalações vizinhas, espécies protegidas, etc..

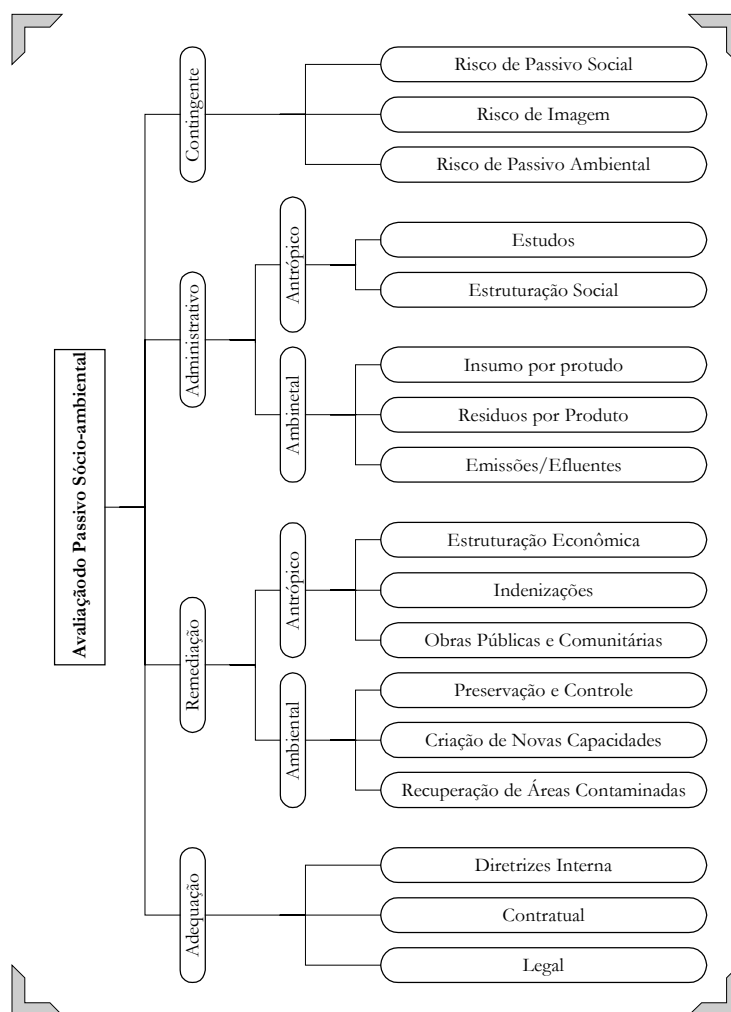
- ↪ Classificação legal da região em termos de proteção ambiental.
- ↪ Classificação legal da região em relação ao padrão da qualidade do ar.
- ↪ Caracterização quantitativa, com base em monitoramento da qualidade do ar na região.
- ↪ Classificação legal dos corpos receptores d'água.
- ↪ Inventário e caracterização das fontes geradoras de efluentes líquidos, sistemas de tratamento e destinação dada aos mesmos. Fotos dos locais onde são ou foram despejados os efluentes líquidos.
- ↪ Caracterização físico, química e toxicológica quantitativa, com base em monitorizações, dos corpos receptores de água.
- ↪ Classificação da região onde se localiza a unidade, em relação ao uso do solo.
- ↪ Caracterização quantitativa, com base em monitorizações, do lençol freático.
- ↪ Fotografias aéreas das unidades ou do empreendimento, áreas de apoio e áreas impactadas.
- ↪ Organograma, cargos, funções, atribuições e responsabilidades.
- ↪ Descrição qualitativa e quantitativa das características das unidades, processos, sistemas de produção, insumos (incluindo registros de compra de material e classificação em termos de periculosidade, etc.), recursos naturais utilizados, produtos e atividades associadas.
- ↪ Fichas de informações de segurança e de emergência de produtos químicos e produtos ou resíduos perigosos.
- ↪ Fluxograma dos processos, associando a cada um destes os insumos utilizados, produtos, emissões, efluentes, resíduos e energias gerados ou liberados.
- ↪ Legislação e outros requisitos aplicáveis.
- ↪ Políticas, diretrizes, normas e procedimentos internos à organização e Normas Brasileiras Registradas emitidas pela ABNT aplicáveis ao empreendimento ou instalação.
- ↪ Estudos, Relatórios e Avaliações de Impactos Ambientais.
- ↪ Licenças, Permissões, Alvarás, Autorizações, Outorgas, Vistorias, etc..
- ↪ Registros, Cadastros, Certificados, Credenciamentos, Certidões, etc..
- ↪ Processos na esfera cível, penal e trabalhista.
- ↪ Autos de Inspeção e Autos de Infração.
- ↪ Reclamações e demandas de partes interessadas.
- ↪ Acordos, Termos de Compromisso e Termos de Ajustamento de Conduta subscritos pela organização.
- ↪ Dados sobre a Política da empresa: a própria Política formalizada, Planos e Programas Ambientais, Objetivos e Metas da empresa, Normas e Procedimentos internos de interesse.
- ↪ Relatórios de auditorias internas e externas.
- ↪ Não-conformidades e Relatórios de não-conformidades.

Relatórios de Acidentes.

## 4.6 Da implementação do modelo proposto

O modelo foi concebido na estrutura arborescente, ver Gráfico 12, característica do método multicritério de apoio à decisão. Tanto os pontos de vistas fundamentais como os elementares não estão ordenados preferencialmente, pois isto caberá ao decisor. Apenas foi estruturado um modelo de auxílio à decisão para o planejamento ou qualquer outra atividade que seja pertinente para avaliar os passivos sócio-ambientais de empreendimentos no setor elétrico.

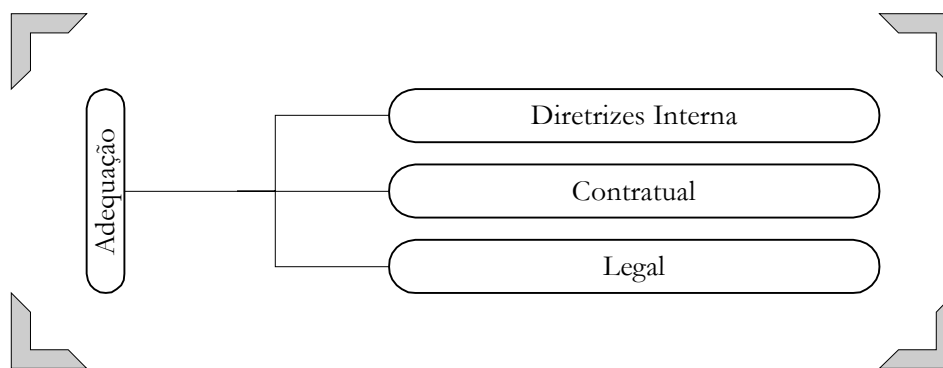
**Gráfico 12 - Modelo Multicritério de Avaliação de Passivos Sócio-ambientais para Empreendimentos no Setor Elétrico**



### 4.6.1 Ponto de Vista Fundamental: Adequação

A classe de passivo ambiental, segundo a ELETROBRÁS (2000a), é definida pela implementação de ações para adequação das instalações, atividades, processos, serviços, matérias-primas ou produtos. Mensura-se pelo valor monetário composto pelos custos de implantação de procedimentos e tecnologias que possibilitem o atendimento às não-conformidades, conforme Gráfico 13, em relação aos requisitos legais, acordos com terceiros e às políticas e diretrizes ambientais da empresa em questão. Como regra básica, o passivo de adequação se refere à atividades nos limites de propriedade da organização e de caráter de Obrigação Ambiental<sup>39</sup>.

Gráfico 13 - Modelo Multicritério: Ponto de Vista Fundamental - Adequação



#### 4.6.1.1 Pontos de Vista Elementares

Legal: Constituído pelo valor monetário composto pelas exigências e compromissos assumidos como, por exemplo, exigências técnicas lavradas nos versos de autos (licenças, multas ou autorizações) das agências de controle ambiental; instrumentos de transação, na forma da lei, com o Ministério Público ou com partes interessadas ou potencialmente afetadas pelas atividades, processos e produtos da organização; acordos públicos lavrados com as mesmas partes interessadas; sentenças judiciais e termos de compromisso com a justiça.

Contratual: Constituído pelas orientações e obrigações referentes a agentes financiadores e entidades de fomento, constantes dos respectivos contratos firmados e requisitos de companhias classificadoras e seguradoras.

---

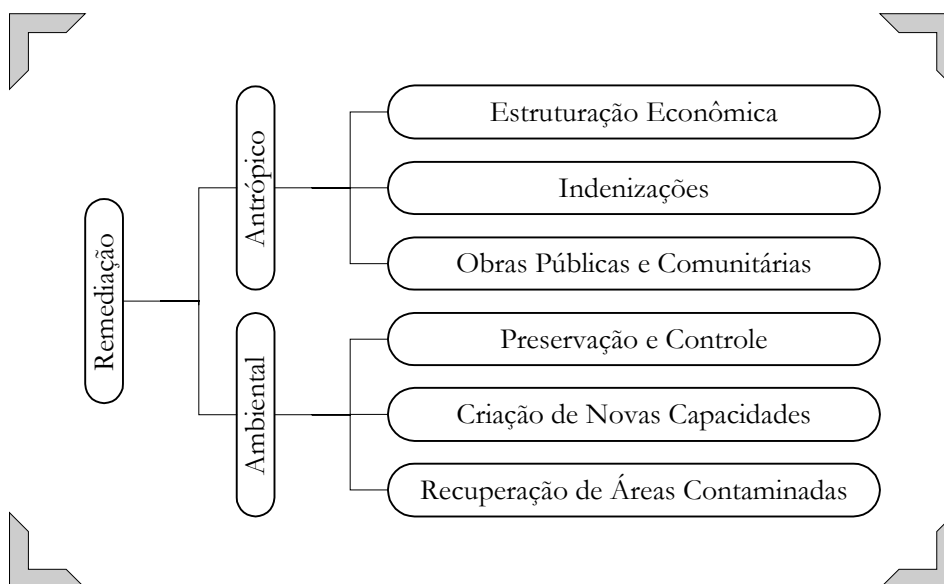
<sup>39</sup> Responsabilidade presente resultante de acontecimentos passados e que pode resultar, no futuro, numa saída de recursos.

Diretrizes Internas: Constituído pelo cumprimento da política ambiental da organização, definida por diretrizes ou programas corporativos e objetivos da própria organização, declarados para o público interno e externo.

#### 4.6.2 Ponto de Vista Fundamental: Remediação

Essa classe de passivo ambiental, segundo a ELETROBRÁS (2000a), consiste nas ações a serem realizadas no meio ambiente para que o mesmo volte a exibir a qualidade mínima determinada para atender as funções sociais e de suporte à vida, à biodiversidade e ao bem-estar das pessoas. Mensurável por meio do valor monetário composto, vide Gráfico 14, pelos custos necessários à recuperação de áreas ambientais e indenização de grupos sociais afetados pelas atividades do empreendimento de interesse ou decorrentes das atividades de terceiros (cuja remediação tenha sido assumida pelo empreendedor ou operadora independentemente da responsabilidade civil). Como regra geral, o passivo de remediação refere-se a atividades realizadas no meio ambiente e nos grupos sociais afetados.

Gráfico 14 - Modelo Multicritério: Ponto de Vista Fundamental - Remediação



##### 4.6.2.1 Pontos de Vista Elementares

Recuperação das Áreas Contaminadas: Referente à restauração, mesmo parcial, da qualidade do meio ambiente deteriorado.

Criação de Novas Capacidades: Referente à criação de novos bens e serviços ambientais, necessários para a execução de uma política instituída.

Preservação e Controle: Constituído dos custos originados pela necessidade de preservar determinadas áreas referentes a atividades de desenvolvimento e operação do meio ambiente envolvido.

Obras Públicas e Comunitárias: Referente aos custos de transferência e/ou construção de novas escolas, cemitérios, igrejas, clubes, reconstrução de redes viárias, com desapropriações, aquisições e servidão inerentes, e tratamento de locais de valor cultural e arqueológico.

Indenizações: Relativo a bens desapropriados como as compensações financeiras devidas às perdas de lucro no período desde a transferência até a reinstalação do sistemas produtivos. Inclui compensações por lucro cessantes: reflorestamento, mananciais de água comercialmente explorados e outros não-transladáveis.

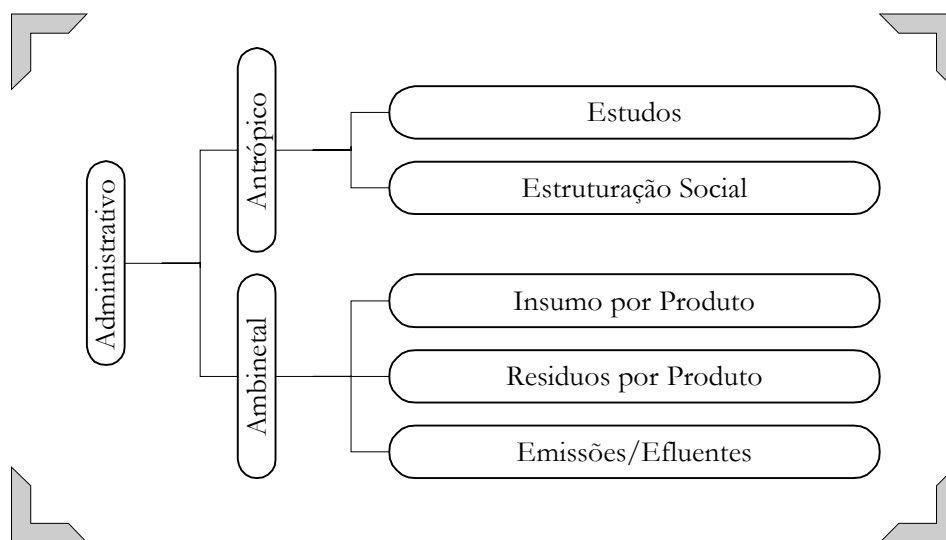
Estruturação Econômica: Voltado às alternativas de locais, sistemas produtivos e de modos de produção. Diz respeito ao, financiamento de novas oportunidades e ampliação de fontes tradicionais de receita, oportunidades de emprego e socialização, apoio ao sistema produtivo e às necessidades temporárias específicas do empreendimento. Inclui também, a criação de mecanismos de retomada da normalidade social e econômica nos padrões culturais e dentro das condições do meio físico.

#### **4.6.3 Ponto de Vista Fundamental: Administrativo**

Essa classe de passivo ambiental, segundo a ELETROBRÁS (2000a), consiste na discretização de indicadores de desempenho no âmbito antrópico e ambiental, conforme Gráfico 15, com a finalidade de mensurar as providências administrativas tais como execução de estudos prévios ambientais e estudos de risco, necessários para prevenir eventuais riscos graves ou iminentes ao meio ambiente, à saúde humana ou à propriedade entre outros. Tais providências administrativas são compostas, pelo valor monetário dos custos referentes às multas, dívidas, ações jurídicas, taxas (taxas por emissão e efluentes, por exemplo) e impostos referentes à inobservância de requisitos legais e de sentenças nos autos de ações judiciais das partes afetadas.



Gráfico 15 - Modelo Multicritério: Ponto de Vista Fundamental - Administrativo



#### 4.6.3.1 Pontos de Vista Elementares

Emissões/Efluentes: Constituído por emissões e efluentes antropogênicos e definidos por Schianetz (1999, p. 11-22) como qualquer forma de matéria ou energia com intensidade e em quantidade, concentração, tempo ou características em desacordo com os níveis estabelecidos e que tornem ou possam tornar o ar impróprio, nocivo ou ofensivo à saúde; produzir inconveniente ao bem-estar público; ser danoso aos materiais, à fauna e flora; prejudicial à segurança ao uso e gozo da propriedade e às atividades normais da comunidade.

Resíduo por Produto: Constituído por quaisquer resíduos antropogênicos como poluente, definidos por Schianetz (1999, p. 11-22), como forma de matéria ou energia com intensidade e em quantidade, concentração, tempo ou características em desacordo com os níveis estabelecidos e que tornem ou possam tornar o ar impróprio, nocivo ou ofensivo à saúde; produzir inconveniente ao bem-estar público; ser danoso aos materiais, à fauna e flora; prejudicial à segurança ao uso e gozo da propriedade e às atividades normais da comunidade. Por exemplo: tonelada de carbono por megawatt hora produzido [ tC/MWh ].

Insumo por Produto: Constituído por insumos necessários para a operacionalidade e confiabilidade do sistema produtivo por mercadoria ou serviço produzido. Por exemplo: a tonelada equivalente de petróleo por megawatt hora produzido [ tEP/MWh ].

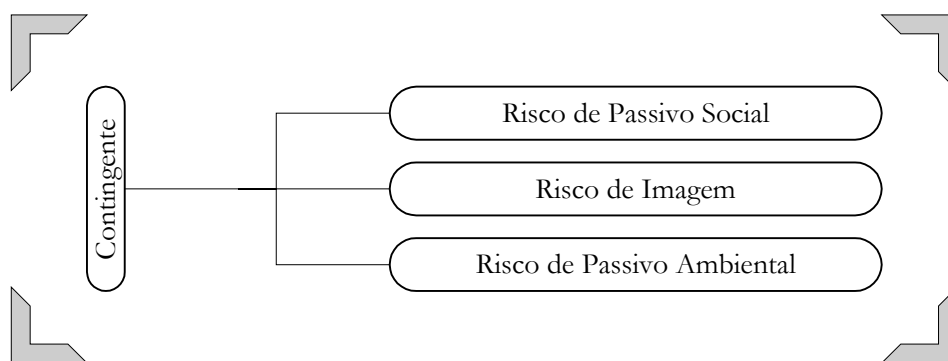
Estruturação Social: Constituído por variáveis de intervenção nos processos migratórias para a elucidar dados relativos à distribuição dos contingentes populacionais, a otimizar a infra-estrutura e sustentação social das comunidades afetadas.

Estudos: Referente a estudos prévios ambientais e estudos de risco, necessários para prevenir eventuais riscos graves ou iminentes ao meio ambiente, à saúde humana ou à propriedade.

#### 4.6.4 Ponto de Vista Fundamental: Contingente

Essa classe de passivo ambiental foi criada, vide Gráfico 16, com a finalidade de incluir a avaliação da viabilidade e probabilidade da entrada em vigor de novas leis e regulamentos, contendo a provável demanda econômica futura ao empreendedor ou operador para enquadrar situações observadas nas auditorias contra os critérios dessas leis e de requerimentos futuros. Esta classe ora se converte numa proposição verdadeira, ora numa proposição falsa, conforme os valores assumidos por variáveis provenientes de conflitos no espaço do empreendimento, tais como: proprietários e estrutura de produção primária; logística de atendimento às atividades produtivas já existentes; poderes públicos responsáveis pela infra-estrutura rural e urbana; organizações não governamentais.

Gráfico 16 - Modelo Multicritério: Ponto de Vista Fundamental - Contingente



##### 4.6.4.1 Pontos de Vista Elementares

Risco de Passivo Ambiental: Constituído pela mensuração da probabilidade de ocorrer deposições antigas e sítios contaminados que produzem riscos para o bem-estar da coletividade por fatores naturais:

consequências hídricas e limnológicas<sup>40</sup>; efeitos climáticos; erosão e assoreamento, sismologia; águas, represas e florestas; manejo florístico; plantas aquáticas macrofitas flutuantes; resgate e recolocação da fauna.

*Risco de Imagem*: Constituído pela mensuração da probabilidade de ocorrer crise de imagem<sup>41</sup>. O empreendimento deve proporcionar flexibilidade operacional e administrativa para executar as operações extraordinárias de proteção e socorro. Deve estabelecer rotinas para as situações ou estados de emergências e risco ao patrimônio público e privado. Também deve instituir coordenação das operações, centralizar as informações e promover a sua difusão para órgãos, instituições e organizações que possam atuar eficientemente sobre o evento tratado, evitando, de forma adequada, informações prematuras e inexatas que possam gerar especulações e pânico.

*Risco de Passivo Social*: Constituído pela mensuração da probabilidade de ocorrer intervenções sociais intempestivas, ou seja, as intervenções devem ocorrer somente quando imprescindíveis e depois de estudos rigorosos das condições de vida existentes e apenas em grupos sociais considerados estáveis demograficamente e socialmente. As medidas de impactos deverão considerar providências referentes às necessidades gerais de vida das populações (aspectos ou padrões culturais); aos problemas de saneamento regional e às influências indesejadas da sociedade nacional sobre as comunidades, que afetam negativamente a economia e a cultura; aos fenômenos sociais da evolução da ocupação humana e étnica e processos econômicos relevantes ao longo do tempo que refletem as situações presentes (políticas, econômicas, religiosas, etc.); às enfermidades que resultam de processos que percorrem um roteiro de situações, no homem e no meio, produzindo estados patológicos de equilíbrio com a doença.

## 4.7 Conclusões do capítulo

Este capítulo apresentou a implementação do modelo multicritério de apoio à decisão para avaliar os passivos sócio-ambientais em empreendimentos do setor elétrico, no que se refere a termelétricas, hidrelétricas, linhas de transmissão e subestações, esboçando uma árvore de pontos de vistas

---

<sup>40</sup> Referente a parte da biologia que trata das águas doces e de seus organismos, principalmente do ponto de vista ecológico.

<sup>41</sup> A crise de imagem difere das demais pelo seu agente provocador, isto é, quando tem origem humana. “Em contraste com os desastres naturais, sobre os quais freqüentemente temos pouco controle, falhas humanas provocam crises em função de ações ou inações impróprias” (Rosa, 2001, p. 21). A intensidade de aversão ao fato é diferenciada entre um tufão e acidentes, como por exemplo o acidente de Three-Mile Island.

fundamentais e elementares que corresponde a um roteiro que permite a avaliar os principais riscos sócio-ambientais envolvidos nos empreendimentos. Também explicitou sobre o objetivo, a aplicabilidade e a necessidade de informações seguras e concisas para a implementar o modelo, bem como o motivo da escolha de avaliação dos passivos sócio-ambientais.

O planejamento energético quando executado por meio de uma metodologia capaz de proporcionar a interpretação, a mensuração dos impactos sócio-ambientais e efeitos sinérgicos de sua dinâmica de propagação geográfica e temporal, poderá viabilizar a integração dos recursos energéticos e a eficiência efetiva do planejamento energético em ambiente de mercado ao assegurar a participação dos diversos grupos afetados na tomada de decisão.

A construção deste modelo representa a adaptabilidade da técnica multicritério como uma ferramenta real para o planejamento de sistemas de energia e pode assegurar que os valores públicos agregados ao serviço de energia e a função social implícita deste serviço sejam incorporados nas decisões de planejamento.

A aplicação do modelo desenvolvido é o foco do próximo capítulo, que trata da necessidade e da priorização de estudos sócio-ambientais para linhas de transmissão. Serão levantados os dados básicos sobre as condições ambientais e sociais pré-existentes nas áreas afetadas pelo empreendimento e serão abordados, por meio de um trabalho de campo, os diferentes sistemas de valores e critérios dos grupos com interesses nas decisões sobre o empreendimento.



“Os fatos nos lembram, a cada instante, que não reinamos sobre a natureza como um conquistador reina sobre um povo estrangeiro (...), mas que fazemos parte dela como nossa carne, nosso sangue, nosso cérebro, que estamos em seu seio e que todo o domínio sobre ela reside na vantagem que temos, em relação ao conjunto das outras criaturas, de conhecer suas leis e poder servir-nos dela de forma criteriosa.”

Friedrich Engels. In: O papel do trabalho na transformação do macaco em homem

CAPÍTULO

5

## **APLICAÇÃO DO MODELO PROPOSTO NO SISTEMA DE TRANSMISSÃO DE ENERGIA**

### **5 Aplicação do Modelo Proposto no Sistema de Transmissão de Energia**

COMO visto no capítulo 4, a técnica multicritério pode ser implementada e aplicada ao planejamento de sistemas de energia elétrica. O modelo foi demonstrado para avaliar os empreendimentos em geração, transmissão e subestação de energia, no âmbito de passivos sócio-ambientais. Neste capítulo, o modelo desenvolvido, é genérico e aplica-se a qualquer empreendimento em linhas de transmissão de energia elétrica, envolvendo desde a legislação específica até o conhecimento dos processos típicos das linhas de transmissão de energia elétrica com seus respectivos aspectos e impactos sócio-ambientais, tendo sido consideradas todas as intervenções e atividades relativas ao empreendimento (compreendendo as etapas de planejamento, construção e operação).

A implementação visa avaliar a priorização de estudos<sup>42</sup> sócio-ambientais para o sistema de transmissão, tendo como fonte primária de dados o estudo publicado por Furtado *et al*, (1999).

Os dados básicos sobre as condições sócio-ambientais pré-existentis nas áreas afetadas por empreendimentos no sistema de transmissão são obtidos segundo os aspectos e impactos sócio-ambientais envolvidos e as ações potenciais. Para concluir o capítulo, será feita uma análise de avaliação de sensibilidade e agregação das informações obtidas pela pesquisa de campo, ver Apêndice A, realizada por meio de questionário, com representantes dos setores acadêmico, público e privado de interesse no planejamento de sistemas de transmissão.

As informações obtidas com pesquisa de campo demonstram a possibilidade de uso da avaliação multicritério para quaisquer outros valores do modelo desenvolvido. O questionário proporciona a quantificação da importância de priorização de estudos sócio-ambientais para os grupos e decisores afetados pelo empreendimento.

A proposta de inserir esta metodologia nos estudos sócio-ambientais para o planejamento dos sistemas de transmissão confirma a necessidade exposta pela ELETROBRÁS (2000e, p. 22), que trata da importância de interagir os aspectos de engenharia e de meio ambiente no planejamento da expansão da transmissão. Portanto, as possibilidades apresentadas nesta pesquisa visam suprir esta lacuna metodológica que diz respeito à inclusão dos aspectos sócio-ambientais e ao estabelecimento de diretrizes mais claras de condução no processo de viabilização sócio-ambiental dos empreendimentos de transmissão de energia.

## 5.1 Objeto de estudo

O objeto de estudo escolhido baseia-se na pesquisa realizada pela CHESF (Furtado *et al*, 1999, p. 04), na qual foram avaliados os procedimentos utilizados pela empresa no tratamento da questão sócio-ambiental do sistema de transmissão de 500 kV P.Dutra-Fortaleza. Este sistema de transmissão será avaliado pela técnica multicritério considerando a necessidade e priorização dos estudos sócio-ambientais para quantificar os valores sócio-ambientais, apurados em conformidade com o documentos oficiais pertinentes ao setor e visão sistêmica.

---

<sup>42</sup> Cf. Ponto de Vista Fundamental: Administrativo, página 86

Foram identificados, no Quadro 7, os seguintes custos ambientais reunidos na pesquisa da CHESF (Furtado *et al*, 1999). Aqui, estes custos foram organizados de acordo com a técnica proposta, segundo o seu respectivo ponto de vista elementar:

**Quadro 7 - Custos Ambientais do Sistema de Transmissão 500 kV P. Dutra-Fortaleza**

| <b>Especificação</b>  | <b>Ponto de Vista Elementar</b>   | <b>Valor [R\$]</b>  |
|---|-----------------------------------|---------------------|
| Controle de Processos Erosivos Reabilitação de Área Degradada     | Preservação e Controle            | 169.088,10          |
| Desmatamento Seletivo e Poda Apropriada                           | Recuperação de Áreas Contaminadas | 55.650,00           |
|   | Preservação e Controle            | 39.366,00           |
| Comunicação Sócio-ambiental                                       | Estruturação Econômica            | 614.128,75          |
| Prevenção e Atendimento em Casos de Acidentes                     | Estruturação Econômica            | 114.785,00          |
| Alteração de Alturas de Torres                                    | Preservação e Controle            | 29.628,16           |
| Medidas Compensatórias  | Indenizações                      | 2.000.000,00        |
| Licenciamento da Obra (LP/LI/LO e Autorização para Desmatamento)  | Legal                             | 150.000,00          |
| Estudos Ambientais (EIA/RIMA/PBA)                                 | Estudos                           | 312.356,00          |
| <b>Estudos e Programas Suplementares (solicitados pelo IBAMA)</b> |                                   |                     |
| Impactos s/populações que se utilizam do babaçu (programa)        | Estruturação Econômica            | 299.830,00          |
| Sinalização do trecho Teresina-Altos para ultraleves (estudos)    | Estudos                           | 40.000,00           |
| Contingências para SE's (estudos)                                 | Estudos                           | 40.000,00           |
| Controle ambiental para o canteiro de obras (estudos)             | Estudos                           | 40.000,00           |
| Recuperação de áreas degradadas em canteiros de obra (estudos)    | Estudos                           | 40.000,00           |
| Desapropriação e indenização da população afetada (estudos)       | Estudos                           | 40.000,00           |
| <b>Custo Ambiental Total</b>                                      |                                   | <b>3.984.832,01</b> |

Fonte: Adaptado de Furtado *et al*, (1999, p. 05)

## **5.2 Procedimentos de identificação e avaliação de passivos sócio-ambientais**

O processo de identificação e avaliação dos passivos é conduzido em fases distintas, podendo se dividir em sucessivas aproximações; sendo muito importante a visão da fase do empreendimento no qual o passivo considerado pode ter sido gerado.

A avaliação de passivos sócio-ambientais, como apoio à tomada de decisão, será executada com base na percepção do momento de geração dos passivos sócio-ambientais com as respectivas taxas de substituição, ações potenciais quantificadas e a valoração final da alternativa do empreendimento em linha de transmissão de energia elétrica.

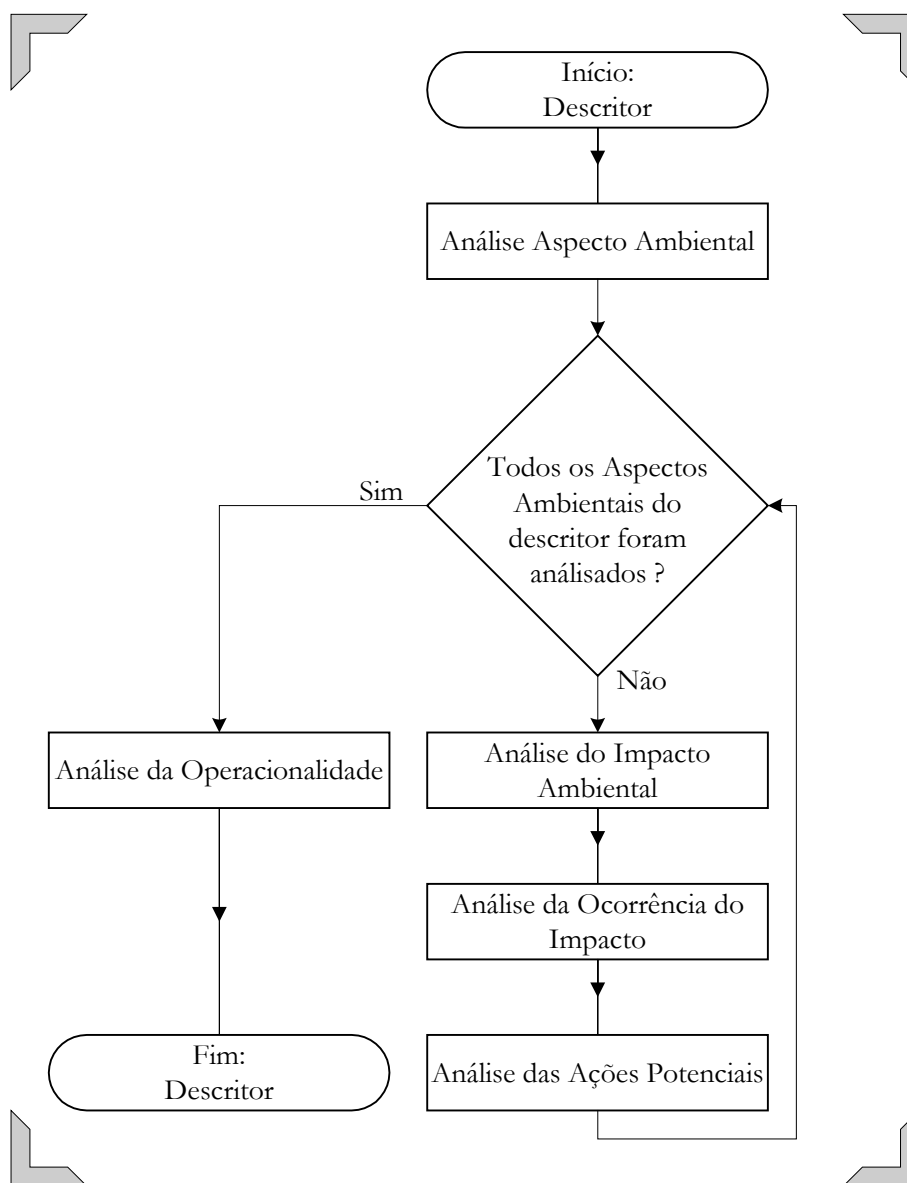
A análise multicritério permite a avaliação de ações potenciais e, para tanto, é necessário construir um critério que permita mensurar a performance de cada ação avaliada sob cada ponto de vista. Para construir um critério é essencial um descritor e uma função de valor ou utilidade associada ao descritor. O descritor é o fator que mais influenciará na qualidade do modelo multicritério; sendo também o responsável por fornecer melhor entendimento sobre as preocupações dos decisores e atores intervenientes.

Para este estudo de caso, a representação de cada descritor será composta pelo ( 1 ) aspecto ambiental relativo ao descritor, podendo existir mais de um aspecto ambiental; ( 1-i ) impacto ambiental relativo ao aspecto ambiental em questão; ( 1-ii ) ocorrência do impacto, relativo a etapa do empreendimento em que ocorre o impacto ambiental; ( 1-iii ) ações potenciais necessárias, valoração, mitigação, compensação e integração das partes afetadas; ( 2 ) operacionalidade, que define como operacionalizar o descritor.

A análise de cada descritor é feita por meio do fluxograma, no Quadro 8.



Quadro 8 - Fluxograma de Análise de Descritores



### 5.3 Identificação de passivos, aspectos e impactos sócio-ambientais

Nesta seção são apresentadas as ações potenciais relativas aos aspectos e impactos sócio-ambientais propostos para qualquer empreendimento ou planejamento no sistema de transmissão de energia elétrica, utilizando a técnica multicritério.

### 5.3.1 Ponto de Vista Fundamental: Adequação

#### 5.3.1.1 Ponto de vista elementar: Legal

##### Aspecto Ambiental

- ↪ Abertura da faixa de servidão da linha, de estradas de acesso, de praças de montagem de estruturas, de áreas de lançamento de cabos e de áreas para canteiro de obras.

##### Impacto Ambiental

- ↪ Interferências com áreas legalmente protegidas.

##### Ocorrência do Impacto

- ↪ Planejamento, construção e operação

##### Ações Potenciais

- ↪ Avaliar a localização e a situação geográfica da linha. Verificar proximidade ou interferências com áreas de Unidade de Conservação e áreas protegidas por lei. Utilizar mapas com a rota da linha de transmissão e mapas temáticos;
- ↪ Avaliar licenças ambientais e autorizações para supressão vegetal;
- ↪ Verificar a largura da faixa de servidão licenciada pelos órgãos ambientais e os procedimentos previstos para seu desmatamento;
- ↪ Avaliar os procedimentos de manutenção da faixa e de áreas legalmente protegidas, bem como a existência de acordos e escrituras de direito de passagem;
- ↪ Avaliar a legislação existente sobre o uso de herbicidas na manutenção de faixas de servidão e a autorização requerida para o seu uso, caso aplicável;
- ↪ Verificar reclamações junto a tribunais e órgãos responsáveis.

#### 5.3.1.2 Ponto de vista elementar: Contratual

##### Aspecto Ambiental

- ↪ Manutenção geral da faixa de servidão, desmatamento e uso de herbicidas ou agrotóxicos na manutenção e Montagem de estruturas e praças de lançamento de cabos.

##### Impacto Ambiental

- ↪ Interferência na execução da obra.

##### Ocorrência do Impacto

- ↪ Planejamento e construção.

#### Ações Potenciais

- ✚ Avaliar contratos de execução desses serviços e a existência de cláusulas contratuais referentes a procedimentos ambientais e uso de moto serra;
- ✚ Solicitar contratos com as empresas responsáveis pela execução dos serviços, verificando a existência dos procedimentos nas cláusulas contratuais.

### **5.3.1.3 Ponto de Vista Elementar: Diretrizes Internas**

#### Aspecto da Ocorrência

- ✚ Não há, atualmente, para empresas de transmissão, diretrizes que se diferenciem das constantes nos portfólios das instituições do Estado no cumprimento da Política Ambiental da organização, definida por programas corporativos e objetivos da própria organização declarados ao público interno e externo.

### **5.3.2 Ponto de Vista Fundamental: Remediação**

#### **5.3.2.1 Ponto de Vista Elementar: Recuperação de Áreas Contaminadas**

#### Aspecto Ambiental

- ✚ Manutenção e abertura da faixa de servidão da linha, de estradas de acesso, de praças de montagem de estruturas, de áreas de lançamento de cabos e de áreas para canteiro de obras.

#### Impacto Ambiental

- ✚ Interferências com recursos hídricos.
- ✚ Interferência na fauna e na flora; efeito de borda.
- ✚ Invasão de espécies exóticas com fragmentação dos habitats.
- ✚ Contaminação do solo, águas superficiais e lençol freático por herbicidas e material oleoso utilizado nos equipamentos durante os serviços.
- ✚ Assoreamento de drenagens com a intensificação de processos erosivos.

#### Ocorrência do Impacto

- ✚ Construção e operação.

#### Ações Potenciais

- ✚ Desmatar de forma seletiva e replantar da faixa de servidão com vegetação adequada (vegetação nativa de porte arbustivo);

- ⇒ Aplicar técnicas mecânicas de limpeza e/ou herbicidas (escolha de herbicidas cujos efeitos indesejados sejam mínimos);
- ⇒ Avaliar o custo das medidas necessárias para correção dos processos erosivos existentes;
- ⇒ Percorrer as áreas levantadas e avaliar o cumprimento dos procedimentos existentes, dando ênfase aos seguintes pontos: identificação de áreas com intenso processo erosivo e que coloquem em risco a infra-estrutura da linha de transmissão, mananciais ou terceiros; áreas vegetadas, para avaliação da formação de efeito de borda com perdas sequenciais de vegetação para fora dos limites das faixas pré-estabelecidas.

#### Aspecto Ambiental

- ⇒ Inclusão de Obstáculo Artificial

##### Impacto Ambiental

- ⇒ Interferência na rota de migração de fauna terrestre e alada.

##### Ocorrência do Impacto

- ⇒ Construção e operação.

##### Ações Potenciais

- ⇒ Implantar sistema de procedimentos e mecanismos para minimizar a interferência na rota migratória dos pássaros e da fauna terrestre;
- ⇒ Escolher o traçado da linha de forma a evitar ou minimizar a interferência nas rotas de migração da fauna.

#### Aspecto Ambiental

- ⇒ Invasão da faixa

##### Impacto Ambiental

- ⇒ Deposição de entulho e lixo.

##### Ocorrência do Impacto

- ⇒ Operação.

##### Ações Potenciais

- ⇒ Usar de forma múltipla a faixa de servidão;
- ⇒ Verificar os tipos de construções feitas na faixa, sua situação legal e o risco envolvido, bem como a utilização da faixa de servidão para disposição de resíduos. Cabe lembrar que a existência de resíduos na faixa de servidão constitui passivo ambiental causado por terceiros, mas cuja responsabilidade cabe ao proprietário ou operador.

### 5.3.2.2 Ponto de Vista Elementar: Criação de Novas Capacidades

#### Aspecto Ambiental

- ✚ Abertura da faixa de servidão da linha, de estradas de acesso, de praças de montagem de estruturas, de áreas de lançamento de cabos e de áreas para canteiro de obras.

#### Impacto Ambiental

- ✚ Maior acesso às áreas silvestres ou de relevante interesse ambiental;
- ✚ Interferência com populações indígenas ou outros grupos étnicos;
- ✚ Desapropriação de terras;
- ✚ Criação de expectativa na população afetada.

#### Ocorrência do Impacto

- ✚ Planejamento, construção e operação.

#### Ações Potenciais

- ✚ Implantar de unidades de conservação;
- ✚ Usar de forma múltipla a faixa de servidão;
- ✚ Compensar o território e outras medidas para manutenção da coesão dos grupos afetados;
- ✚ Apoiar às comunidades indígenas ou outros grupos étnicos;
- ✚ Acompanhar e controlar o contato inter-étnico.

### 5.3.2.3 Ponto de Vista Elementar: Preservação e Controle

#### Aspecto Ambiental

Abertura da faixa de servidão da linha, de estradas de acesso, de praças de montagem de estruturas, de áreas de lançamento de cabos e de áreas para canteiro de obras.

#### Impacto Ambiental

- ✚ Limitação ao uso do solo devido à servidão;
- ✚ Preservação da cobertura vegetal nativa abaixo das linhas;
- ✚ Controle do acesso à área.

#### Ocorrência do Impacto

- ✚ Planejamento, construção e operação.

#### Ações Potenciais

- ✚ Replantar a faixa de servidão com vegetação adequada;
- ✚ Proteger os recursos hídricos;
- ✚ Efetuar manutenção da cobertura vegetal nativa abaixo das linhas;

- ⇒ Implantar planos e procedimentos construtivos que levem em conta os aspectos ambientais, tais como: controle de erosão e assoreamento; poda seletiva da vegetação e elevação da altura das torres para proteção de vegetação das áreas florestadas, principalmente áreas de proteção permanente (a inexistência destes procedimentos ou planos deve ser avaliada e quantificada monetariamente);
- ⇒ Avaliar os procedimentos de disposição final dos restos vegetais e resíduos de herbicidas;
- ⇒ Identificar se a linha de transmissão passa em área com espécies em extinção e os procedimentos ambientais adotados à luz da legislação vigente.

#### Aspecto Ambiental

- ⇒ Inclusão de Obstáculo Artificial.

##### Impacto Ambiental

- ⇒ Relocação de torres;
- ⇒ Risco para aviação.

##### Ocorrência do Impacto

- ⇒ Construção e operação.

##### Ações Potenciais

- ⇒ Escolher o traçado da linha de forma a evitar as rotas de vôo próximas aos aeroportos;
- ⇒ Instalar sinalização para reduzir os riscos para aeronaves que estejam voando muito baixo;
- ⇒ Construir barreiras visuais.

### **5.3.2.4 Ponto de Vista Elementar: Obras Públicas e Comunitárias**

#### Aspecto Ambiental

- ⇒ Abertura da faixa de servidão da linha, de estradas de acesso, de praças de montagem de estruturas, de áreas de lançamento de cabos e de áreas para canteiro de obras.

##### Impacto Ambiental

- ⇒ Interferência com populações indígenas ou outros grupos étnicos;
- ⇒ Interferência em locais de interesse histórico e cultural.

##### Ocorrência do Impacto

- ⇒ Construção e operação.

##### Ações Potenciais

- ⇒ Apoiar às comunidades indígenas ou outros grupos étnicos;
- ⇒ Acompanhar e controlar o contato inter-étnico;

- ✚ Construir redes viárias, com desapropriações, aquisições e servidão inerentes;
- ✚ Escolher do traçado da linha, de forma a evitar interferências com áreas indígenas e recursos sociais, agrícolas, arqueológicos e culturais importantes.

### 5.3.2.5 Ponto de Vista Elementar: Indenizações

#### Aspecto Ambiental

- ✚ Abertura da faixa de servidão da linha, de estradas de acesso, de praças de montagem de estruturas, de áreas de lançamento de cabos e de áreas para canteiro de obras.

#### Impacto Ambiental

- ✚ Criação de expectativa na população afetada;
- ✚ Desapropriação de terras.

#### Ocorrência do Impacto

- ✚ Planejamento, construção e operação

#### Ações Potenciais

- ✚ Verificar reclamações por perda de terras agricultáveis ou devido ao assoreamento de rios e drenagens;
- ✚ Quantificar os recursos envolvidos para a execução dos programas de compensação ou mitigação acordados com terceiros;
- ✚ Indenizar proprietários de terrenos e benfeitorias afetados;
- ✚ Avaliar o custo relativo a bens desapropriados, como às compensações financeiras devidas perdas de lucro no período desde a transferência até a reinstalação do sistemas produtivos. Compensações por lucro cessantes: reflorestamento, mananciais de água comercialmente explorados e outros, não-transladáveis.

### 5.3.2.6 Ponto de Vista Elementar: Estruturação Econômica

#### Aspecto Ambiental

- ✚ Alteração da realidade vigente dos modos de produção e dos sistemas produtivo devido ao planejamento, construção e operação do empreendimento.

#### Impacto Ambiental

- ✚ Criação de expectativa na população afetada;
- ✚ Deslocamento da população afetada; indução à ocupação desordenada das margens de linhas de transmissão e estradas de acesso;

- ↪ Interferência com atividades agropecuárias;
- ↪ Interferência em edificações, vias públicas e no tráfego;
- ↪ Especulação imobiliária.

#### Ocorrência do Impacto

Planejamento, construção e operação

#### Ações Potenciais

- ↪ Relocar infra-estrutura econômica e social;
- ↪ Fornecer ajuda técnica aos governos locais para o planejamento e controle do uso do solo;
- ↪ Efetuar procedimentos de comunicação social junto a proprietários e população lindeira;
- ↪ Identificar a existência de grupos étnicos e de população ao longo da linha, selecionando locais e lideranças para visitas em campo;
- ↪ Identificar se existem locais ocupados por terceiros na faixa de servidão; programar visitas aos mesmos;
- ↪ Avaliar o custo voltado as alternativas de locais, sistemas produtivos e de modos de produção. Financiamento de novas oportunidades e ampliação de fontes tradicionais de receita, de oportunidades de emprego e socialização, apoio ao sistema produtivo e as necessidades temporárias específicas do empreendimento. Criação de mecanismos de retomada da normalidade social e econômica, nos padrões culturais e dentro das condições do meio físico.

### **5.3.3 Ponto de Vista Fundamental: Administrativo**

#### **5.3.3.1 Ponto de Vista Elementar: Emissões/Efluentes**

##### Aspecto de Ocorrência

- ↪ Não há emissões atmosféricas ou efluentes líquidos antropogênicos no sistema de transmissão que, como poluente, segundo Schianetz (1999, p. 11-22) na forma de matéria ou energia com intensidade e em quantidade, concentração, tempo ou características em desacordo com os níveis estabelecidos, tornem ou possam tornar o ar impróprio, nocivo ou ofensivo à saúde; sejam inconvenientes ao bem-estar público; danosos aos materiais, à fauna e flora; prejudiciais à segurança. ao uso e gozo da propriedade e às atividades normais da comunidade.



### 5.3.3.2 Ponto de Vista Elementar: Resíduos por Produto

#### Aspecto Ambiental

- ✚ Inclusão de Obstáculo Artificial.

#### Impacto Ambiental

- ✚ Alteração de visão cênica com a limpeza da faixa de servidão;
- ✚ Degradação da paisagem, desordem cênica e falta de integração visual.

#### Ocorrência do Impacto

- ✚ Construção e operação.

#### Ações Potenciais

- ✚ Utilizar cabos subterrâneos para reduzir os impactos visuais das linhas e estruturas.

#### Aspecto Ambiental

- ✚ Energização e operação da linha, surgimento de efeitos eletromagnéticos.

#### Impacto Ambiental

- ✚ Efeitos biológicos na fauna e na flora;
- ✚ Efeitos biológicos no homem;
- ✚ Efeitos devidos à transferência de potencial;
- ✚ Interferência em rádio e TV e ruído audível.

#### Ocorrência do Impacto

- ✚ Operação.

#### Ações Potenciais

- ✚ Acompanhar os estudos sobre efeitos biológicos dos campos eletromagnéticos em andamento no mundo e adequação ao sistema brasileiro;
- ✚ Aperfeiçoar os critérios de projeto;
- ✚ Efetuar comunicação sócio-ambiental;
- ✚ Utilizar rotas de linhas que se situem distantes de atividades humanas e áreas ambientalmente relevantes.

### 5.3.3.3 Ponto de Vista Elementar: Insumo por Produto

#### Aspecto de Ocorrência

Não é pertinente ao sistema de transmissão nenhum insumo necessário à operacionalidade e confiabilidade do sistema produtivo por mercadoria ou serviço produzido.

### 5.3.3.4 Ponto de Vista Elementar: Estruturação Social

#### Aspecto Ambiental

- ↪ Alteração da realidade vigente dos modos de produção e dos sistemas produtivo devido ao planejamento, construção e operação do empreendimento.

#### Impacto Ambiental

- ↪ Alteração do custo e padrão de vida;
- ↪ Desestruturação social das comunidades (perda do sentimento comunitário e de valores evocativos e sentimentais);
- ↪ Transtornos a administração pública (redução de receitas e recursos disponíveis e desequilíbrio populacional);
- ↪ Pressão sobre os recursos naturais;
- ↪ Aumento das expectativas da população local;
- ↪ Alteração do quadro demográfico;
- ↪ Alteração nas bases culturais.

#### Ocorrência do Impacto

- ↪ Planejamento e construção.

#### Ações Potenciais

- ↪ Aumentar a infra-estrutura das instituições responsáveis saúde, habitação e serviços públicos locais (energia, saneamento, trânsito, comunicações e segurança);
- ↪ Reforçar os aparelhos de Estado<sup>43</sup> devido ao crescimento das tensões sociais (criminalidade, prostituição, propagação de doenças, etc.).

### 5.3.3.5 Ponto de Vista Elementar: Estudos

#### Aspecto Ambiental

- ↪ Abertura da faixa de servidão da linha, de estradas de acesso, de praças de montagem de estruturas, de áreas de lançamento de cabos e de áreas para canteiro de obras.

#### Impacto Ambiental

- ↪ Interferência no ecossistema;

---

<sup>43</sup> O aparelho de Estado compreende: o governo, a administração, o exército, a polícia, os tribunais, as prisões, etc. Maiores detalhes em Althusser (1998, p. 66-73).

- ↗ Interferência no solo e geologia;
- ↗ Interferência no clima;
- ↗ Interferência no sistema produtivo.

#### Ocorrência do Impacto

- ↗ Planejamento, construção e operação.

#### Ações Potenciais

- ↗ Estudar o efeito nos ecossistemas (perdas de matas, rios, pântanos naturais, fauna aquática e terrestre, desequilíbrio ecológico);
- ↗ Estudar o solo e geologia (recursos minerais, formação de pressões e áreas de instabilidade, desestruturação do solos, usos múltiplos);
- ↗ Estudar os efeitos sobre as águas (mudança de qualidade química, contaminação, lençóis freáticos);
- ↗ Estudar os efeitos sobre as bases econômicas, sociais e culturais (Diagnóstico e tendência de crescimento).

### **5.3.4 Ponto de Vista Fundamental: Contingente**

#### **5.3.4.1 Ponto de Vista Elementar: Risco de Passivo Ambiental**

Probabilidade de ocorrência de deposições antigas e sítios contaminados<sup>44</sup>.

#### **5.3.4.2 Ponto de Vista Elementar: Risco de Imagem**

Probabilidade de ocorrência de crise de imagem<sup>45</sup>.

#### **5.3.4.3 Ponto de Vista Elementar: Risco de Passivo Social**

Probabilidade de ocorrência de intervenções sociais intempestivas<sup>46</sup>.

---

<sup>44</sup> Conforme definição em Ponto de Vista Fundamental: Contingente, página 88

<sup>45</sup> Ibidem.

<sup>46</sup> Ibidem

## 5.4 Avaliação multicritério para a necessidade de estudos sócio-ambientais

A avaliação do modelo multicritério<sup>47</sup>, será demonstrada por meio da avaliação local com a quantificação das ações potenciais necessárias e das taxas de substituição para o ponto de vista elementar de estudos<sup>48</sup>. Conforme visto no capítulo 3, a avaliação dos demais pontos de vista é efetuada de maneira análoga ao que será feito a seguir e a avaliação global do modelo torne-se possível pela fórmula de agregação aditiva<sup>49</sup>. A valoração final dos pontos de vistas dos atores envolvidos na priorização dos estudos sócio-ambientais, apresentados no Quadro 7, para o empreendimento em linha de transmissão de energia elétrica terá a percepção do momento de geração dos passivos sócio-ambientais em que o questionário foi respondido .

Para o processo de avaliação do modelo e do desempenho das ações dos critérios foi expedido um questionário, ver Apêndice 1, para representantes de três esferas de poder intervenientes nas decisões de planejamento do sistema de transmissão. Estas esferas são as seguintes:

- ↳ Esfera acadêmica (escolhida neste caso, apesar de nem sempre participar);
- ↳ Esfera pública;
- ↳ Esfera privada.

O primeiro procedimento foi construir o descritor, utilizando níveis de impacto que possibilitem o entendimento do critério avaliado de forma a atender as propriedades de mensurabilidade, operacionalidade e compreensibilidade, ver Quadro 9.

**Quadro 9 - Descritor para o Ponto de Vista Elementar: Estudos**

| Nível de Impacto | Descrição  |
|------------------|--|
| N <sub>4</sub>   | Necessário realizar estudos além daqueles exigidos pelas normas/legislação |
| N <sub>3</sub>   | Necessário realizar estudos exigidos pelas normas/legislação               |
| N <sub>2</sub>   | Necessário realizar estudos apenas parciais                                |
| N <sub>1</sub>   | Não é necessário realizar nenhum tipo de estudo                            |

<sup>47</sup> Cf. Da avaliação do modelo, página 66

<sup>48</sup> Cf. Ponto de Vista Elementar: Estudos, página 104

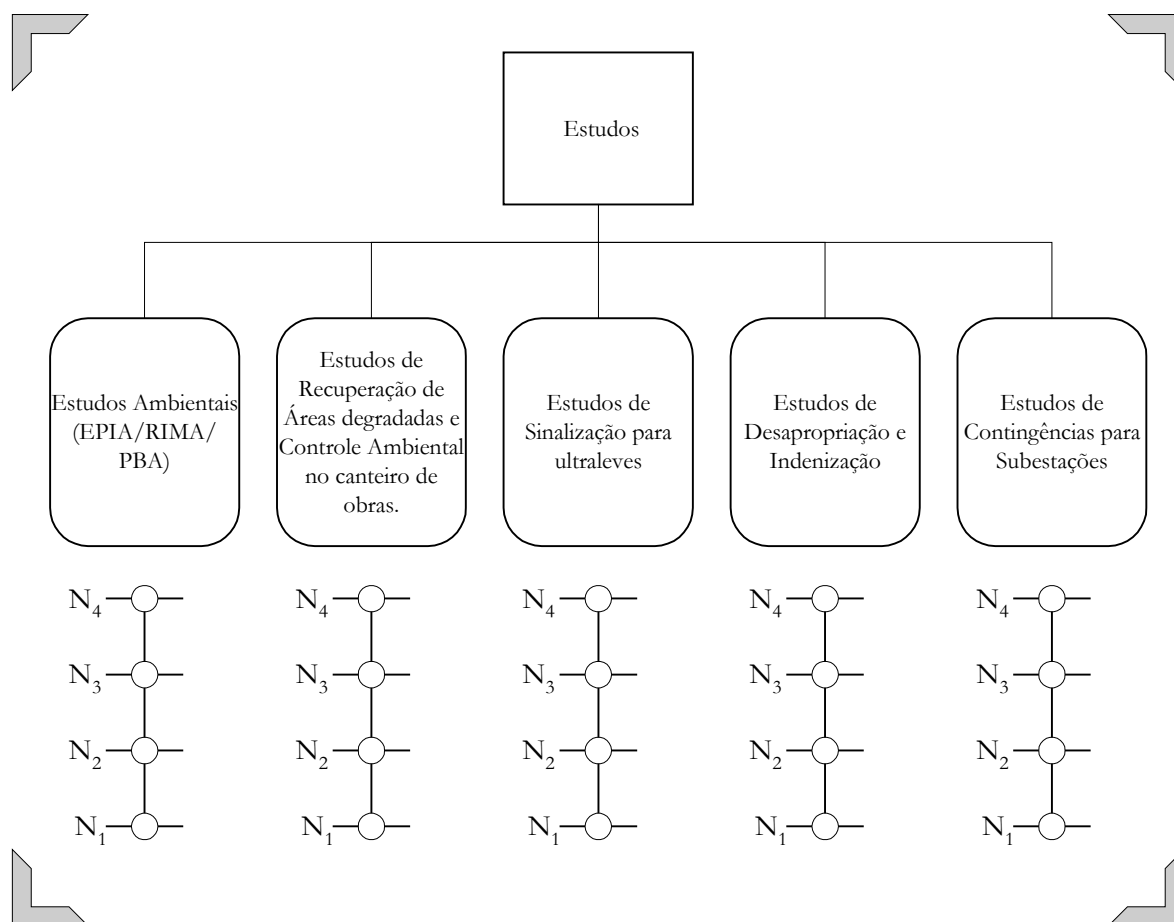
<sup>49</sup> Cf. Equação 10 - Função de Agregação Aditiva, página 65

O questionário, deve então, indagar sobre três itens:

*I - O nível de estudo desejado pelo decisor para o critério em questão*

- ☞ O método utilizado foi a pontuação direta<sup>50</sup>. Com as respostas plotadas, no Quadro 10, será possível traçar o perfil de impacto e análise do custo/utilidade para cada decisor.

**Quadro 10 - Modelo Multicritério para Avaliação Local**



*II - As diferenças de atratividade entre os níveis de impacto*

- ☞ O posicionamento do decisor sobre a diferença de atratividade entre os níveis de impacto proporciona a construção da função de valor<sup>51</sup> associada ao ponto de vista elementar. Neste item foi utilizado o método de julgamento semântico.

<sup>50</sup> Cf. Método de comparação par a par, página 65

<sup>51</sup> Cf. Das funções: valor e utilidade, página 62

### III - *Disposição a pagar para cada nível de impacto*

↩ A disposição a pagar, segundo os valores<sup>52</sup> dispostos no Quadro 7, foi argüida com a finalidade de implementação da análise do custo/utilidade entre as referidas esferas de poder interveniente para o planejamento do sistema de transmissão. O método utilizado foi o da pontuação direta.

#### 5.4.1 Avaliação local do modelo

Os dados obtidos na pesquisa de campo sobre as diferenças de atratividade entre os níveis de impacto fornecem ao software MACBETH as informações necessárias para obter as funções valor, ver Gráfico 17, de cada setor argüido. Essas funções representam a quantificação dos critérios envolvidos para a necessidade e priorização das ações potenciais do ponto de vista elementar em análise.

Observa-se no Gráfico 17 a similaridade das funções valor entre os setores acadêmico e público, o que revela uma avaliação muito próxima dos níveis de atratividade do arcabouço decisório dos setores e garante uma certa comodidade quanto à minimização de possíveis conflitos entre estes setores. Tal similaridade ficará mais evidente quando for traçado o perfil de impacto.

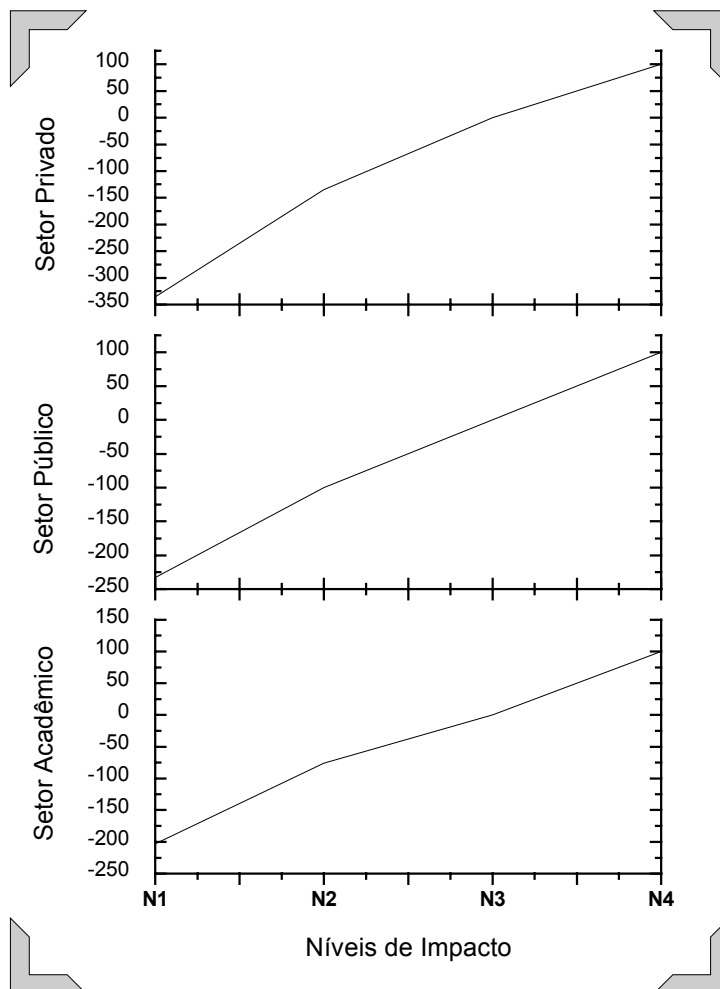
O software MACBETH fornece também a escala de valor utilizada na fórmula de agregação aditiva para avaliar a performance local, global e agregar os perfis de impacto para cada setor avaliado, conforme Gráfico 18. Devido à praticidade, a nomenclatura dos critérios envolvidos foi abreviada da seguinte forma:

- W1 -** Estudos ambientais (EPIA/RIMA/PBA);
- W2 -** Estudos de recuperação de áreas degradadas e controle ambiental no canteiro de obras;
- W3 -** Estudos de sinalização para ultraleves;
- W4 -** Estudos de desapropriação e indenização;
- W5 -** Estudos de contingências para subestações.

---

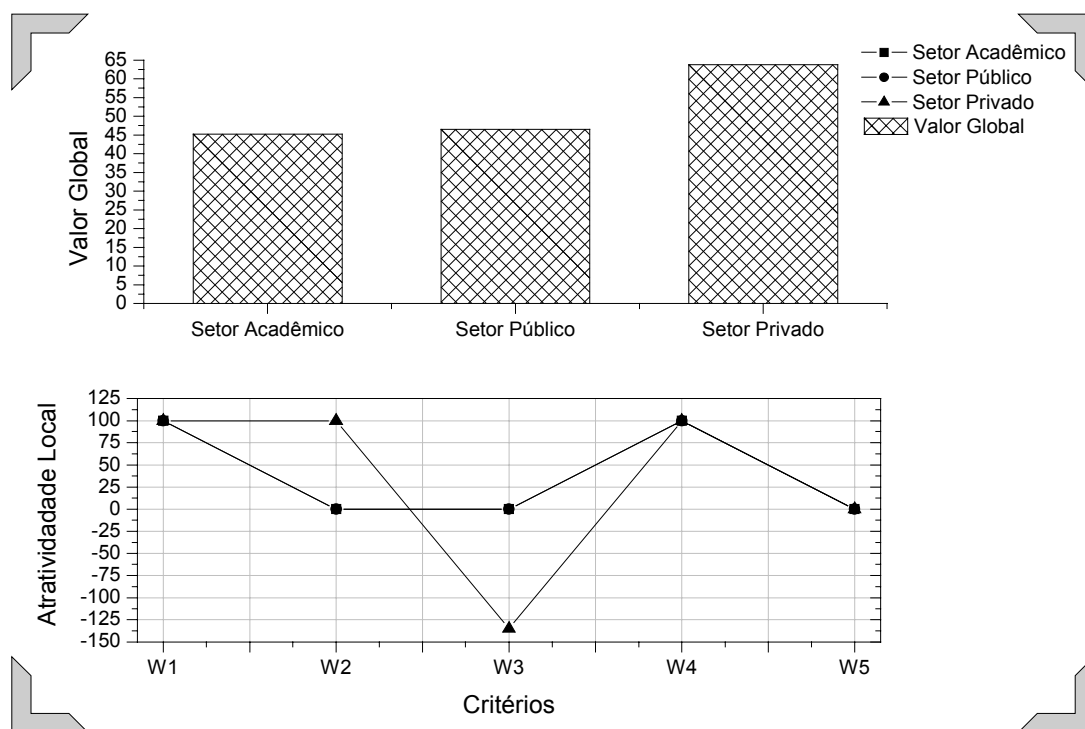
<sup>52</sup> Os valores foram convertidos em dólar, segundo o valor médio de sua cotação de 01 a 30 de outubro de 1999, data de publicação do artigo. Esta ação tem a finalidade de trazer em custo presente a percepção de valor da obra no sistema de transmissão. Foi desprezado qualquer espécie de correção monetária que o dólar possivelmente apresente do período de publicação do artigo de Furtado *et al* (1999), até os dias atuais.

Gráfico 17 - Funções Valor do Setores Acadêmico, Público e Privado



O perfil de impacto e a valoração global atribuída ao ponto de vista fundamental comprovam a similaridade entre os setores acadêmico e público, anteriormente afirmada, devido à convergência de interesses. O setor privado apresenta um interesse cerca de 35% maior que os demais setores, certamente devido à importância atribuída ao critério W2, como revela o gráfico. Contudo, esse gráfico revela, no critério W3 (referente ao estudo de sinalização área), uma disparidade agressiva sobre os investimentos e necessidades. Sendo esta uma proposta de planejamento participativo, deve-se ter uma minimização deste conflito potencial. Assim, este critério será alvo de uma análise mais aprofundada na seção seguinte. Porém, antes deve-se mensurar, por meio de uma forma eficiente de percepção, o quanto custa o mesmo benefício adicional para cada setor, segundo a análise custo/benefício, ver Gráfico 19. Esses dados, assim como o perfil de impacto, formam a base de negociação da agregação para se obter apenas uma função valor que represente o consenso sob o referido ponto de vista.

Gráfico 18 - Avaliação Global e Perfil de Impacto dos Setores Acadêmico, Público e Privado



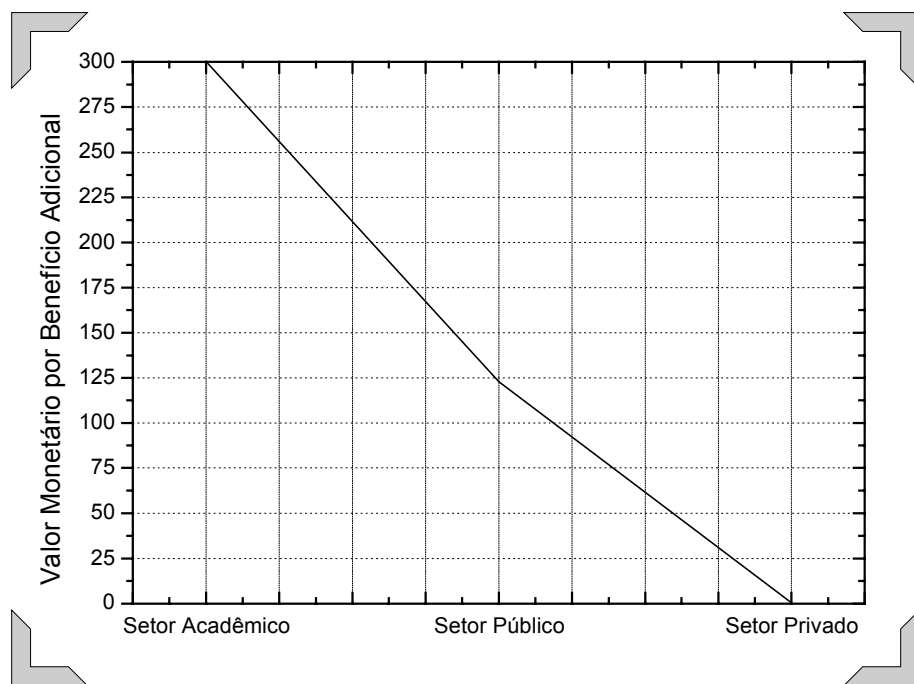
A análise custo/ benefício do critério W3 apresenta, conforme o Gráfico 19, que o setor privado não está disposto a gastar para obter qualquer benefício adicional nesse critério W3. No entanto, o setor acadêmico está disposto a pagar cerca de 300 unidades monetárias para obter um benefício adicional no critério W3. Esses valores tornam-se importantes pontos de barganha no processo, dialético, de convergência para minorar a disparidade entre os setores em conflito e obter uma função valor única para o ponto de vista fundamental.

### 5.4.2 Análise de sensibilidade

A análise de sensibilidade permite avaliar a robustez das respostas do modelo de acordo com alterações nas taxas de substituição, haja vista que cada alteração é efetuada por meio de uma taxa de sensibilidade de comum acordo com o decisor. A alteração da taxa de substituição de um dos critérios modifica tanto os demais critérios como o resultado das performances locais e global, revelando o comportamento do modelo, segundo o arcabouço decisório do ator referente ao setor em avaliação.



Gráfico 19 - Unidade Monetária Gasta por Benefício Adicional



Os dados obtidos pelo software MACBETH servem de entrada para a planilha de cálculo desenvolvida para a análise de sensibilidade. A taxa de sensibilidade permite modificar um determinado critério e, desta forma, demonstrar a variação na performance global do ponto de vista e as alterações nas taxas de sensibilidade dos demais critérios. Para o estudo de caso foi arbitrada uma taxa de sensibilidade de 10%<sup>53</sup>.

O setor privado, segundo a pesquisa de campo, apresentou os valores vistos no Quadro 12 e no Quadro 11, para análise de sensibilidade. A situação do Quadro 11 revela, segundo o arcabouço decisório do setor privado, que o aumento de 10% (taxa de sensibilidade) no critério W1 provocou um incremento proporcional no valor original da performance global do ponto de vista elementar, já para o critério W3 ocorreu o inverso, o decremento da performance. O setor privado apresentou, de acordo com o Gráfico 19, ser indiferente a qualquer benefício adicional ao critério W3 desde que não pague por ele. Caso tenha que pagar, esse benefício adicional provoca uma perda de atratividade na avaliação global.

<sup>53</sup> A mesma utilizado por Ensslin *et al* (2001, p. 272-273), em seus exemplos.

Quando a taxa de substituição é afetada em menos 10% nos critérios W1 e W3, o comportamento é análogo, ou seja, ocorre um incremento proporcional da performance do ponto de vista na alteração do critério W3 e um decréscimo na performance, quando se modifica o critério W1.

**Quadro 11 - Variação da Performance em Função da Taxa de Sensibilidade**

| Critério |  | Performance do ponto de vista |                              |                               |
|----------|--|-------------------------------|------------------------------|-------------------------------|
|          |  | Original                      | Critério afetado em mais 10% | Critério afetado em menos 10% |
| W1       | Estudos ambientais (EPIA/RIMA/PBA)   | 63,75                         | 65,75                        | 62,36                         |
| W2       | Estudos de recuperação de áreas degradadas e controle ambiental no canteiro de obras | 63,75                         | 64,79                        | 62,72                         |
| W3       | Estudos de sinalização para ultraleves   | 63,75                         | 61,95                        | 65,56                         |
| W4       | Estudos de desapropriação e indenização  | 63,75                         | 64,96                        | 62,55                         |
| W5       | Estudos de contingências para subestações  | 63,75                         | 62,48                        | 65,03                         |

O Quadro 12 apresenta o comportamento das taxas de substituição quando o critério W3 é afetado em 10%, para mais e para menos. Através desse quadro é possível verificar que, ao aumentar o grau de importância (taxa de substituição) do critério W3 para o setor privado, ocorre uma perda de 1,8% na atratividade da avaliação global; ao diminuir, ocorre um ganho de atratividade de 1,81%. Apesar da diferença entre perda e ganho percentual ser pequena (0,01%), este comportamento revela a tendência do setor privado em aumentar seus benefícios ao diminuir a taxa de substituição do critério W3.

A utilização de meio gráfico para auxiliar a visualização é categórica quando a análise de sensibilidade inclui uma quantidade de informação muito extensa, como no modelo para o setor elétrico. Assim, no Gráfico 20 é exposta a análise de sensibilidade para os demais setores analisados, afetando a taxa de substituição do critério W3 em 10% para mais e para menos. O gráfico apresenta o comportamento das taxas de substituição dos critérios no bojo decisório dos setores acadêmico, público e privado. Desta forma, tem-se a ideia do impacto da modificação do critério W3 nas demais taxas de substituição. Ao plotar todas as taxas de substituição dos setores analisados em um único gráfico, obtém-se o grau de importância atribuído para cada critério. Neste caso, observa-se que o critério W2 possui um grau de importância relativamente baixo para o setor acadêmico, ao contrário do setor privado que atribui a este critério um peso muito mais relevante.

Quadro 12 - Planilha de Análise de Sensibilidade – Setor Privado

| Critério [Wi] | Taxa de Substituição | Função Valor | DAP [mil U\$] |
|---------------|----------------------|--------------|---------------|
| W1            | 0,2778               | 100,00       | \$ 140,00     |
| W2            | 0,2222               | 100,00       | \$ 25,00      |
| W3            | 0,0833               | -135,00      | \$ 15,00      |
| W4            | 0,2500               | 100,00       | \$ 25,00      |
| W5            | 0,1667               | 0,00         | \$ 15,00      |

Onde:

Aval. Local - Avaliação da performance local

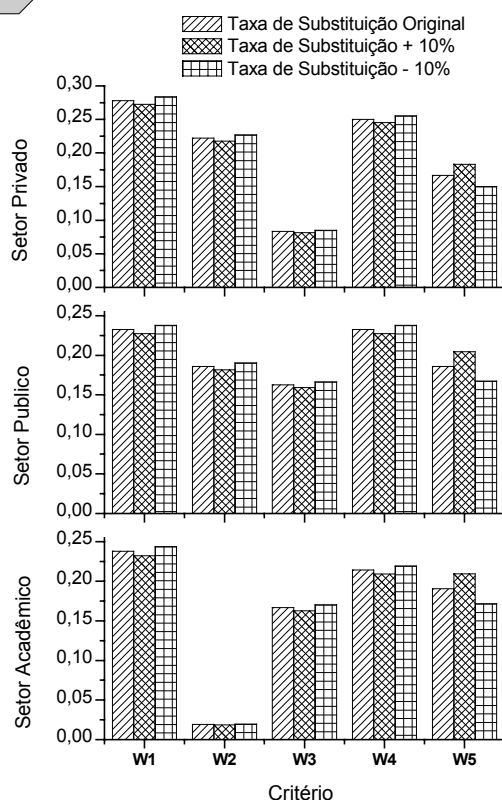
TS - Taxa de sensibilidade

DAP - Disposição a pagar

|                              |      |
|------------------------------|------|
| Taxa de Sensibilidade ( TS ) | 0,10 |
|------------------------------|------|

|                    | Avaliação Inicial |        | Avaliação + TS |        | Avaliação - TS |        |
|--------------------|-------------------|--------|----------------|--------|----------------|--------|
|                    | W3                | 0,0833 | W3             | 0,0916 | W3             | 0,0750 |
| Critério           | Aval. Local       | Taxa   | Aval. Local    | Taxa   | Aval. Local    | Taxa   |
| W1                 | 27,78             | 0,2778 | 27,53          | 0,2753 | 28,03          | 0,2803 |
| W2                 | 22,22             | 0,2222 | 22,02          | 0,2202 | 22,42          | 0,2242 |
| W3                 | -11,25            | 0,0833 | -12,37         | 0,0916 | -10,12         | 0,0750 |
| W4                 | 25,00             | 0,2500 | 24,77          | 0,2477 | 25,23          | 0,2523 |
| W5                 | 0,00              | 0,1667 | 0,00           | 0,1652 | 0,00           | 0,1682 |
| Performance Global | 63,75             | -      | 61,95          | -      | 65,56          | -      |

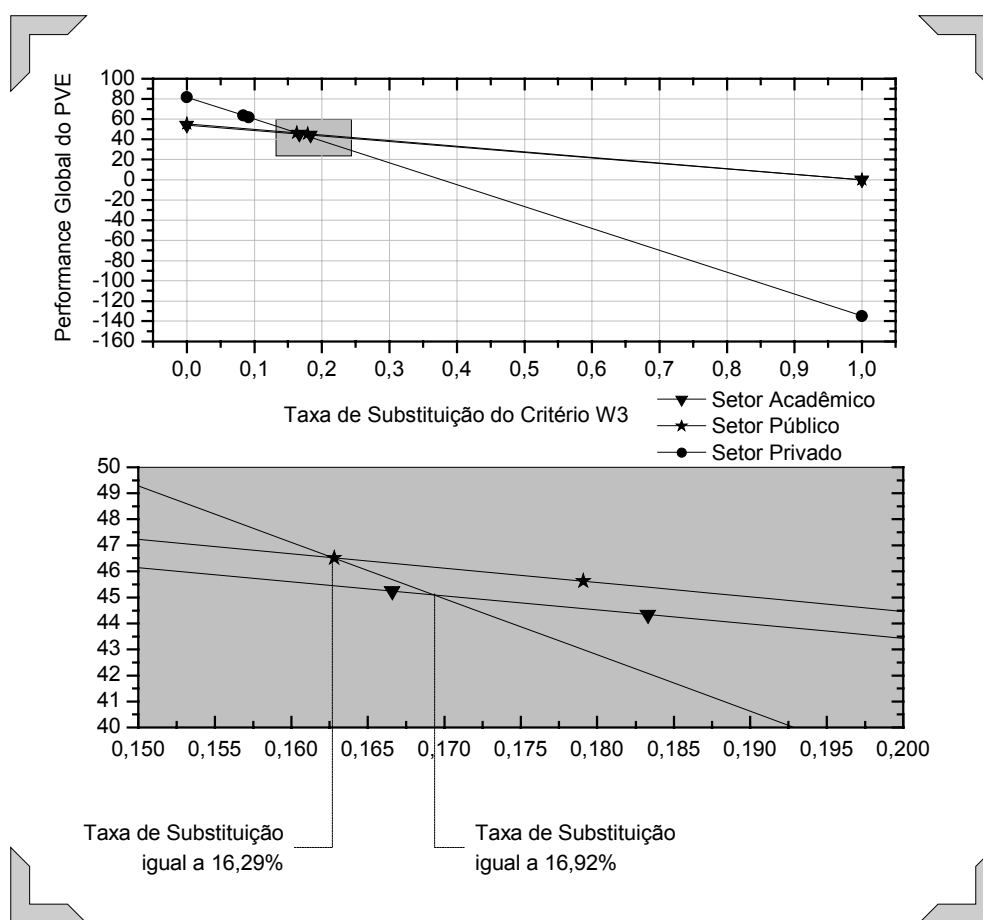
Gráfico 20 - Análise de Sensibilidade dos Setores Acadêmico, Público e Privado



Esta análise também fornece subsídios para comparar a variação da taxa de substituição do W3 em relação ao valor da performance global do ponto de vista elementar (PVE) em questão. No Gráfico 21, a área à esquerda mostra o intervalo de variação da taxa de substituição do W3 com uma taxa de

substituição inferior a 16,29%, que agrega valor apenas ao setor privado e portanto tem maior benefício; uma taxa de substituição acima de 16,92% deixa o setor privado mais onerado. A negociação tende a convergir para um valor entre 16,92% e 16,29%. Desta forma, a metodologia multicritério proporciona um valor a algo que antes era apenas qualitativo.

**Gráfico 21 - Performance Global em Função da Variação da Taxa de Substituição**



## 5.5 Conclusões do capítulo

Este capítulo demonstrou a viabilidade do modelo multicritério proposto no capítulo 4, aplicando-o na avaliação do passivo sócio-ambiental para qualquer empreendimento no sistema de transmissão de energia elétrica. A aplicação abordou a legislação específica, os aspectos e impactos sócio-ambientais, as intervenções e atividades relativas ao sistema de transmissão nas etapas de planejamento, construção e operação do empreendimento.

Os procedimentos de avaliação, a justificativa de escolha do objeto de estudo, as avaliações e a análise, foram itens abordados com a finalidade de estruturar coerentemente os dados básicos sobre matriz das condições sócio-ambientais em áreas afetadas por empreendimentos no sistema de transmissão. Os aspectos, os impactos e as ações potenciais foram mensuradas por meio da pesquisa de campo realizada nos setores acadêmico, público e privado com interesse no planejamento de sistemas de transmissão.

Essa aplicação apresenta a possibilidade de integrar os aspectos de engenharia e os reflexos do planejamento, internalizando variáveis de cunho social, ambiental, político e econômico. O planejamento integrado de recursos provê uma maneira de suprir a lacuna metodológica relativa às etapas de planejamento e seus reflexos no que se diz respeito à inclusão dos aspectos sócio-ambientais e ao estabelecimento de diretrizes mais claras para conduzir do processo de viabilização sócio-ambiental no planejamento energético.

Os métodos multicritério, segundo Hobbs e Meier (2000, p. 123-159), têm sido usados para implementar indicadores de qualidade ambiental ou impactos desde o início de 1970. Então, este capítulo, apresenta uma proposta factível, implementando indicadores de priorização de estudos sócio-ambientais para linhas de transmissão. O modelo implementado apresenta, como conclusão, o diagnóstico e a tendência do arcabouço decisório do decisores. Foi obtida uma função valor para cada decisor, tal função revelou a atitude de cada setor envolvido no contexto de risco e incertezas do ambiente político, social e econômico vigente.

Por meio das análises de sensibilidade e custo/benefício foi possível diagnosticar a relação dinâmica entre os decisores e o objeto de decisão, no caso estudos sócio-ambientais. Os setores público e acadêmico possuem interesses e valores similares divergindo apenas em dois pontos:

- ✚ A importância de realizar estudos de recuperação de áreas degradadas e controle ambiental no canteiro de obras, ver Gráfico 20;
- ✚ A disposição de pagar por um benefício adicional em estudos de sinalização de ultraleves, ver Gráfico 19.

No diagnóstico do setor privado, ressalta-se dois pontos de divergência, vide Gráfico 18, com os demais setores: o critério (*W2*) de estudos de recuperação de áreas degradadas e controle ambiental no canteiro de obras possui uma importância relativamente maior e o critério (*W3*) de estudos de sinalização de ultraleves uma importância menor. Este último critério foi alvo de análise mais minuciosa, revelando a tendência do setor privado em não desejar dispor de nenhuma quantia

monetária a mais para obter um benefício adicional, ver Gráfico 19, e em aumentar seus benefícios ao diminuir a taxa de substituição do critério W3.

O estudo de caso também analisou o comportamento da variação da taxa de substituição do critério W3 na performance global do ponto de vista, ver Gráfico 21. Com isto, torna-se possível afirmar que uma distribuição mais uniforme do custo/benefício de estudos sócio-ambientais, para o critério de estudos de sinalização de ultraleves, seria obtido com uma taxa de substituição entre 16,29% e 16,92%. Ou seja, o processo de convergência para uma única função valor para o ponto de vista fundamental em questão teria uma forte tendência em atribuir ao critério W3 uma importância entre os valores de 16,29% e 16,92%. Assim como para o critério W3, é possível estender aos demais critérios do modelo exposto nos capítulos 4 e 5. Desta forma, a discussão ocorre em torno de um valor quantitativo, não qualitativo, o que confirma a capacidade da metodologia multicritério para valorar variáveis qualitativas.

Cada taxa atribuída a um critério denota os valores inerentes à formação social<sup>54</sup> e à percepção da realidade econômica, social, política e ambiental do decisor. Desta forma, a taxa de substituição representa a interiorização desses valores na tomada de decisão no planejamento do sistema de transmissão.

Ao realizar o planejamento, negócio, etc, conforme proposto é possível interagir com o mercado de energia, considerando os seus efeitos nas atividades de produção e consumo, que possuem reflexo direto no mercado de capitais e na alocação de recursos com repercussões sociais, ambientais, econômicas e políticas.

---

<sup>54</sup> Definida como um conjunto de estruturas da personalidade, do sistema social, da cultura e dos seus mecanismos congruentes entre si.



“Espero que prefira todo gênero de infortúnios e de desastres ao vilipêndio e ao opróbrio de perder a independência ou de consentir que estranhos venham arrebatá-las vossas instituições e intervir em vossa vida interna.”

Jose Martí

## CAPÍTULO

# 6

# CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

## 6 Conclusões e Recomendações

O uso da ideologia do liberalismo econômico no discurso da “reestruturação” do setor elétrico é apresentada como um caminho “inevitável” estimulando a necessidade de novas técnicas, de novas bases tecnológicas na reformulação dos serviços públicos e na exploração dos recursos naturais exauríveis. Contudo, essa reestruturação tem a finalidade maior de apropriar renda, bens que agregam valor e benefícios econômicos.

Este discurso, de coerência liberal<sup>55</sup>, apresenta novos atores e uma proposta de estrutura de mercado que almeja desempenho e crescimento econômicos para o setor elétrico, tendo o mercado como agente regulador.

---

<sup>55</sup> Refere-se à intenção de obter desenvolvimento e crescimento econômicos desejáveis com a ausência de paternalismo e de intervenção do Estado no setor elétrico. Maiores detalhes em Bobbio (1998, p. 62-67).

Esta “reestruturação” dos setores de infra-estrutura é fundada, segundo Sauer (2002, p. 135-136), no conceito de Estado mínimo<sup>56</sup>, o qual transfere a exploração do espaço econômico para grupos hegemônicos com óbvias consequências para a utilização dos recursos naturais. Porém, o mercado não segue a lei do inevitável e, de acordo com Carvalho (2002, p. 116), é importante salientar a possibilidade de escolha diferente do discurso fundado no paradigma do liberalismo econômico, ou seja, num pensamento único e hegemônico apresentado como imperativo categórico<sup>57</sup>. O mercado de energia deve contemplar sua função social a longo prazo e como *commodity* (*mercadoria*) a curto prazo. Contudo, tais objetivos não são necessariamente antagônicos<sup>58</sup> e esta pesquisa demonstra a possibilidade de harmonizar os diversos interesses dos grupos sociais afetados pelo planejamento energético, sem necessariamente abster-se da otimização custo/benefício.

O mercado não deve ser o único agente regulador do capital energético<sup>59</sup> pois pode torna-se uma fonte geradora de desigualdades à Nação. O mercado não pode ser a força geradora de ordem econômica (Carvalho, 2002, p. 110) em sociedades desvinculadas de determinismo econômico devido à necessidade imperativa do acúmulo de capital intrínseco em sociedades que favorecem o individualismo em detrimento dos valores coletivos e transformam cidadãos em consumidores e clientes, alterando de forma excludente o conceito e a natureza do serviço público como instrumento de afirmação da cidadania.

Este modelo regulador proporciona apenas a livre atuação de oligopólios nos setores de serviços públicos. A energia elétrica ao ser tratada apenas como *commodity* (*mercadoria*) torna a concessionária de energia uma mera instituição de valores de troca, ou seja, fornecedora de mercadoria, e contribui cada vez mais com os conflitos distributivos que caracterizam a sociedade brasileira. Cabe aqui uma ressalva sobre a esfera pública e a esfera privada<sup>60</sup>, que é esboçada nas obras de Bobbio (1998, 1999), entre o liberalismo e democracia e a dicotomia público/privado. Na primeira esfera enquadram-se os serviços públicos não disputáveis e não exclusivos<sup>61</sup> como fornecimento de energia elétrica, abastecimento de

---

<sup>56</sup>Segundo Bobbio (1998, p. 85-91), o Estado mínimo caracteriza-se pela livre associação de proteção entre indivíduos que estão num mesmo território contra a ingerência de todos os demais. Esse conceito fundado sobre o princípio do direito privado, segundo o qual todo o indivíduo tem o direito de possuir tudo o que adquiriu justamente (princípio de justiça na aquisição) e tudo o que adquiriu justamente do proprietário precedente (princípio de justiça na transferência). Qualquer outra função que o Estado venha a exercer além destas é injusta, pois interfere na vida e na liberdade dos indivíduos.

<sup>57</sup> Proposição que expressa uma ordem absoluta, uma ordem que deve ser cumprida sem condição.

<sup>58</sup> Cf. Do livre mercado de energia e outras percepções equivocadas, página 22

<sup>59</sup> Ibidem.

<sup>60</sup> Abordadas no estudo de caso, ver capítulo 5, como setores argüidos pela pesquisa de campo.

<sup>61</sup> Cf Dos bens públicos: os conceitos e princípios do direito de propriedade, página 38



água e os recursos naturais; a segunda caracteriza-se pelo domínio de classes que advém do bojo do grande capital e por interesses econômicos individuais com atividades rentáveis submetidas às forças de mercado.

O mercado para serviços de infra-estrutura percebe a energia, assim como outros setores de *commodities* (*mercadorias*), com o objetivo de vender e obter lucro, não de satisfazer uma necessidade social. No setor energético, segundo Carvalho (2002, p. 111), “há de se pensar também nos aspectos como atendimento às necessidades básicas da coletividade, assim como a segurança, eficiência e qualidade dos serviços a médio e longo prazos”, conquistados a custos mínimos pela sociedade e incluindo os custos sócio-ambientais. Seria fantasioso assumir que um monopólio natural, como a energia elétrica num sistema de livre mercado como o proposto em linhas liberais, garanta tais requisitos.

O planejamento energético em ambiente de mercado necessita de um caminho para o desenvolvimento sócio-ambiental da Nação, equilibrado e sustentável. Duas das principais conclusões desta pesquisa foram a constatação que modelo de planejamento pautado por relações de mercado, sob a égide da iniciativa privada, fracassa quando há intervenção governamental<sup>62</sup> e que o livre mercado de energia não se comporta conforme supunham os modelos tradicionalmente utilizados. Conseqüentemente, os cenários projetados por esses modelos não refletem a realidade efetiva. Há, então, a necessidade latente de uma nova proposta metodológica para o planejamento energético, sendo esta metodologia uma das principais contribuições desta pesquisa.

A metodologia proposta proporciona uma postura dinâmica para que o planejamento integrado de recursos (PIR), num ambiente de incertezas, interaja com outros setores econômicos, promovendo opções viáveis que satisfaçam critérios sociais, políticos, econômicos e ambientais. Essa pesquisa fornece um desenvolvimento metodológico que trate os aspectos energéticos e sócio-ambientais de maneira integrada<sup>63</sup>, em particular para o sistema da transmissão<sup>64</sup>, de tal forma que o processo de planejamento, construção e operação desses empreendimentos possa transcorrer com a máxima eficiência na alocação de recursos e benefícios e a custo mínimo para sociedade, consumidores, investidores e Estado.

Os principais resultados desta pesquisa, no sentido de proporcionar a inserção mais adequada da dimensão sócio-ambiental no planejamento do setor, são os seguintes:

---

<sup>62</sup> Cf. Do Mercado: conceitos de regulamentação, conduta e desempenho, página 15

<sup>63</sup> Cf. Modelo Multicritério para Empreendimentos no Setor Elétrico, página 74

<sup>64</sup> Cf. Aplicação do Modelo Proposto no Sistema de Transmissão de Energia, página 91

- A estratégia de planejamento não encara as variáveis sócio-ambientais como restrições ao desenvolvimento ou como parâmetro marginal;
- A viabilidade de adequar os aparelhos do Estado para tratar a questão nas políticas governamentais de gestão dos recursos naturais e energéticos;
- A inserção dos empreendimentos do setor elétrico nas estratégias de desenvolvimento econômico integrado em suas áreas de influência, articulando-se a atuação do setor elétrico com as instituições responsáveis pela política econômica e social das regiões afetadas;
- A transparência e agilidade desde o início do processo decisório do setor sobre seus empreendimentos, como no nível do planejamento global, estabelecendo claramente a decisão final como a resposta mais ampla aos interesses do próprio setor elétrico, compreendidos sob o enfoque de análise integrada dos recursos;
- O desenvolvimento metodológico para elaborar os planos indicativos e de longo prazo;
- A elaboração de estudos de avaliação sócio-ambiental estratégica para subsidiar a formulação dos planos de expansão;
- A elaboração e reunião de dados e informações fundamentais para o processo de planejamento, passíveis de serem compartilhadas com maior fluidez, e que assumem conotações estratégicas vitais em ambiente de mercado;
- A elaboração de cenários propostos, conforme o arcabouço decisório dos atores envolvidos, para otimizar a relação custo/benefício no planejamento de sistemas de energia elétrica

O planejamento dos sistemas de transmissão em particular, que o mesmo foi objeto do estudo de caso demonstrado no capítulo 5, incorpora dois enfoques diferenciados em seus objetivos e propósitos. O primeiro ao tratar a energia como *commodity* (*mercadoria*) e o segundo ao atrelar o planejamento à função social da energia elétrica. Ambos enfoques foram obtidos essencialmente por meio do modelo participativo de planejamento energético integrado que contempla os recursos naturais e contexto sócio-político da sociedade, do Estado, dos investidores e consumidores na implementação do arcabouço decisório dos atores afetados.

Os resultados aqui apresentados não pretendem esgotar a questão, podendo ser ampliados em escopo e detalhamento conforme se faça viável. Por outro lado, é necessário estimular os procedimentos executivos, todas as práticas que se mostrem necessárias ou interessantes para a melhoria do desempenho do setor energético nacional.

## 6.1 Recomendações para futuros trabalhos

O modelamento do setor energético demanda tempo e estudos mais aprofundados sobre cada critério. Os caminhos para futuros trabalhos são inúmeros. Contudo existem alguns mais evidentes, tais como estender o modelo para os segmentos de geração e distribuição de energia; aprofundar o modelo para o sistema de transmissão de energia; gerar critérios, ou seja, indicadores de desempenho sociais, ambientais, políticos e econômicos pertinentes para cada setor, etc.

Esta metodologia contempla uma política integrada para os diversos setores envolvidos no planejamento energético, e por vezes com interesses conflitantes. O setor industrial, por exemplo, carece do estabelecimento, segundo carvalho (2002, p. 107), de um referencial que otimize os benefícios das vantagens relativas que o País dispõe no setor energético. Um estudo futuro poderia investigar a viabilização de um modelo para os setores industrial e energético, tendo como foco o atendimento das necessidades energéticas do presente sem comprometer a viabilidade das futuras gerações atenderem as suas próprias necessidades.

Alguns tópicos para investigação seriam:

- ✚ A organização e a efetiva participação no processo de tomada de decisões do setor, através da concepção e implantação dos mecanismos adequados, estabelecendo os critérios, os limites e as instâncias de participação dos diversos grupos sociais envolvidos (a partir de sua identificação, informação e organização);
- ✚ A compatibilização das etapas do ciclo atual de planejamento com a consideração *ex-ante* dos impactos ambientais e sociais, dimensionando-se adequadamente o desempenho do empreendimento no segmento industrial;
- ✚ A utilização de indicadores de desempenho na formação e negociação de alianças, fusões e contratos comerciais, bem como na negociação de acordos internacionais para viabilização de taxas alfandegárias e discretização do custo de produto em mercados comuns;
- ✚ Os mecanismos de orientação e apoio na tomada de decisão em atividades eletrointensiva no setor elétrico.

# ANEXOS

---

## ANEXO A

### Anexo A - Do Licenciamento Ambiental

O Licenciamento Ambiental, previsto na Lei Federal nº 6.938/91, é um importante instrumento de participação social na proteção e melhoria do meio ambiente.

As atividades ou empreendimentos considerados efetiva ou potencialmente poluidores ou degradadores do meio ambiente não podem funcionar sem o licenciamento; do contrário estarão sujeitos à interdição pelas autoridades governamentais.

#### Atividades ordenadas juridicamente

Definem-se como atividades e empreendimentos efetiva ou potencialmente poluidores ou degradadores, de acordo com a legislação ambiental, aqueles que possam:

- ✚ prejudicar a saúde, a segurança e o bem-estar da população;
- ✚ criar dificuldades ou causar prejuízo às atividades sociais e econômicas;
- ✚ afetar desfavoravelmente o conjunto de seres animais e vegetais de uma região;
- ✚ afetar as condições estéticas ou sanitárias do meio ambiente;
- ✚ lançar matérias ou energia em desacordo com os padrões ambientais estabelecidos.

#### *Tipos de empreendimentos que devem ser licenciados*

Qualquer atividade ou empreendimento que utilize ou explore os recursos naturais ou seja considerada efetiva ou potencialmente poluidora ou degradadora do meio ambiente depende do licenciamento prévio do órgão ambiental do Estado. Entre elas, estão as atividades industriais, minerárias, agroflorestais e infra-estruturais.

#### *Estudo Prévio de Impacto Ambiental*

Para assegurar a todos o direito a um meio ambiente ecologicamente equilibrado, assinala a Constituição Federal que incumbe ao Poder Público "exigir, na forma da lei, para instalação de obra ou atividade potencialmente causadora de significativa degradação do meio ambiente, estudo prévio de impacto ambiental, a que se dará publicidade" (artigo 225, § 1º, inciso IV)<sup>65</sup>.

A obrigatoriedade do prévio estudo de impacto ambiental é uma imposição constitucional, e daquele preceito extrai-se as seguintes conclusões:

- 1ª- o estudo de impacto ambiental deve ser exigido pelo Poder Público, relegando para a legislação infraconstitucional a forma como isso se dará;
- 2ª- o próprio mandamento constitucional emprega o adjetivo "prévio" para afirmar que o estudo deve ser realizado antes da instalação de obra ou atividade potencialmente causadora de significativa degradação ambiental, não podendo ser concomitante nem posterior à obra ou atividade;
- 3ª- o estudo deve ser sempre exigido antes da instalação de obra ou atividade potencialmente causadora de significativa degradação do meio ambiente. Em outras palavras, exigir-se-á o estudo nos casos em que a obra e/ou atividade possivelmente possa causar degradação ambiental expressiva, relevante;
- 4ª- corolário da conclusão anterior é que o estudo prévio de impacto ambiental é pressuposto para o licenciamento de construção, instalação, ampliação, reforma e funcionamento de estabelecimentos, obras ou quaisquer atividades potencialmente degradadoras do meio ambiente;

---

<sup>65</sup> Cf. Anexo B - Constituição Federal e o Meio Ambiente, página 127

5ª- o texto constitucional exige que se dê publicidade ao estudo de impacto ambiental. Isso implica dizer que o público deverá ser informado sobre o seu teor, através de meio de comunicação adequado, e em especial visando atingir a população impactada e os órgãos de defesa do meio ambiente. Aliás, a publicidade que a lei quer dar ao estudo prévio de impacto ambiental decorre até mesmo do caput do artigo 225 da Constituição Federal, que assegura ser de uso comum do povo o direito a um meio ambiente ecologicamente equilibrado. Assim, imperioso que os titulares desse direito tenham livre acesso a esse importante instrumento de defesa ambiental.

*Diretrizes Gerais do Estudo Prévio de Impacto Ambiental - EPIA*

A equipe multidisciplinar encarregada de elaborar o estudo de impacto ambiental, sob o aspecto formal, deve observar a diretrizes gerais estabelecidas no artigo 5º da Resolução CONAMA nº 001/86, sem margem de liberdade restritiva, mas podendo ampliar as diretrizes elencadas no dispositivo em estudo, tanto que no seu parágrafo único permite aos órgãos estadual ou federal e ao Município, quando couber, fixar diretrizes adicionais.

Sob pena de viciar o ato (EPIA) e invalidá-lo, deverão ser observadas as seguintes diretrizes gerais:

I - Contemplar todas as alternativas tecnológicas e de localização de projeto, confrontando-as com a hipótese de não execução do projeto: o projeto proposto pelo proponente deve ser objeto de análise pela equipe multidisciplinar e desta se exige que se contemple outras proposições das quais pelo menos uma é verdadeira, e que, portanto, não se excluem necessariamente. Tais alternativas serão apreciadas pelo órgão licenciador, que poderá exigir do proponente a adequação do projeto às conclusões dos estudos, sempre de modo a minimizar os impactos negativos do empreendimento. Contudo, se o que se apresenta no projeto é inviável em razão dos altos custos sociais e ecológicos, e não existindo outras alternativas tecnológicas, deverá concluir o EPIA pela não execução do projeto.

II - Identificar e avaliar sistematicamente os impactos ambientais gerados nas fases de implantação e operação da atividade: embora o EPIA deva preceder a instalação do empreendimento, durante as fases de implantação e operação da atividade novos estudos deverão ser realizados para definir ou mesmo redefinir as medidas mitigadoras dos impactos negativos ao meio ambiente, até então não previstas no EPIA ou, embora previstas, não se revelaram eficazes para abrandar os efeitos decorrentes da atividade degradadora.

III - Definir os limites da área geográfica a ser direta ou indiretamente afetadas pelos impactos, denominada área de influência do projeto, considerando, em todos os casos, a bacia hidrográfica na qual se localiza: o estudo de impacto ambiental é exigível quando se tratar de obra ou atividade potencialmente causadora de significativa degradação do meio ambiente, e justamente por isso é imperioso determinar os limites geográficos da área que será direta ou indiretamente afetada pelos impactos decorrentes da implementação do projeto, denominada pela norma como "área de influência do projeto", mas sempre levando-se em consideração a bacia hidrográfica aonde se instalará a obra ou atividade. Aliás, Édís Milaré e Herman Benjamin, com muita propriedade, acentuam que "a administração do meio ambiente em nível de bacias hidrográficas constitui a mais moderna concepção de gerenciamento de recursos públicos, posto que conduz a um planejamento coordenado das ações de todos os órgãos de Governo com expressiva diminuição de custos".

IV - Considerar os planos e programas governamentais, propostos e em implantação na área de influência do projeto, e sua compatibilidade: por ocasião da elaboração do EIA, deverá a equipe responsável atentar para a existência de eventuais planos e/ou programas governamentais previstos para a área de influência do projeto, adequando este àqueles, e em especial verificando se não são incompatíveis. Esta diretriz deve ser traçada com observância ao zoneamento ambiental<sup>32</sup>, quando for o caso.

#### Atividades Técnicas que Deverão ser Desenvolvidas no Estudo Prévio de Impacto Ambiental - EPIA

O artigo 6º da Resolução CONAMA nº 001/86 estabelece que o estudo de impacto ambiental deverá desenvolver, no mínimo, as seguintes atividades técnicas:

a - o diagnóstico ambiental da área de influência do projeto, completa descrição e análise dos recursos ambientais disponíveis e suas interações, tal como existem, de modo a caracterizar a situação ambiental da área a ser impactada, antes da implantação do projeto, levando-se em consideração o meio físico, o meio biológico e os ecossistemas naturais e, por fim, o meio socioeconômico.

b - a análise dos impactos ambientais do projeto e de suas alternativas, através de identificação, previsão da magnitude e interpretação da importância dos prováveis impactos relevantes, discriminando os impactos positivos e negativos (benéficos e adversos), diretos e indiretos, imediatos e a médio e longo prazos, temporários e permanentes; seu grau de reversibilidade; suas propriedades cumulativas e sinérgicas; a distribuição dos ônus e benefícios sociais.

c - a definição das medidas mitigadoras dos impactos negativos, entre elas os equipamentos de controle e sistemas de tratamento de despejos, avaliando a eficiência de cada uma delas.

d - a elaboração do programa de acompanhamento e monitoramento dos impactos positivos e negativos, indicando os fatores e parâmetros a serem considerados.

Exige a legislação que o RIMA deverá conter, no mínimo:

- a - os objetivos e justificativas do projeto, sua relação e compatibilidade com as políticas setoriais, planos e programas governamentais;
- b - a descrição do projeto e suas alternativas tecnológicas e locacionais, especificando para cada um deles, nas fases de construção e operação, a área de influência, as matérias-primas, e mão-de-obra, as fontes de energia, os processos e técnicas operacionais, os prováveis efluentes, emissões, resíduos de energia, os empregos diretos e indiretos a serem gerados;
- c - a síntese dos resultados dos estudos de diagnósticos ambiental da área de influência do projeto;
- d - a descrição dos prováveis impactos ambientais da implantação e operação da atividade, considerando o projeto, suas alternativas, os horizontes de tempo de incidência dos impactos e indicando os métodos, técnicas e critérios adotados para sua identificação, quantificação e interpretação;
- e - a caracterização da qualidade ambiental futura da área de influência, comparando as diferentes situações da adoção do projeto e suas alternativas, bem como com a hipótese de sua não realização;
- f - a descrição do efeito esperado das medidas mitigadoras previstas em relação aos impactos negativos, mencionando aqueles que não puderem ser evitados, e o grau de alteração esperado;
- g - o programa de acompanhamento e monitoramento dos impactos;
- h - recomendação quanto à alternativa mais favorável (conclusões e comentários de ordem geral).

A atividade de Licenciamento Ambiental é regida pelos seguintes diplomas legais:

Lei 6938 de 31 de agosto de 1981;  
Resolução CONAMA 01 de 23 de janeiro de 1986;  
Resolução CONAMA 09 de 3 de dezembro de 1987;  
Constituição Federal de 1988, artigo 225 § 1º inciso IV;  
Decreto 99274 de 6 de junho de 1990;  
Resolução CONAMA 237 de 19 de Dezembro de 1997.



## ANEXO B

### Anexo B - Constituição Federal e o Meio Ambiente

Título VIII - Da Ordem Social no Capítulo VI - Do Meio Ambiente (Art. 225) da Constituição da República Federativa do Brasil.

Art. 225. Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao poder público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações.

§ 1.º Para assegurar a efetividade desse direito, incumbe ao poder público:

I - preservar e restaurar os processos ecológicos essenciais e prover o manejo ecológico das espécies e ecossistemas;

II - preservar a diversidade e a integridade do patrimônio genético do País e fiscalizar as entidades dedicadas à pesquisa e manipulação de material genético;

III - definir, em todas as unidades da Federação, espaços territoriais e seus componentes a serem especialmente protegidos, sendo a alteração e a supressão permitidas somente através de lei, vedada qualquer utilização que comprometa a integridade dos atributos que justifiquem sua proteção;

IV - exigir, na forma da lei, para instalação de obra ou atividade potencialmente causadora de significativa degradação do meio ambiente, estudo prévio de impacto ambiental, a que se dará publicidade;

V - controlar a produção, a comercialização e o emprego de técnicas, métodos e substâncias que comportem risco para a vida, a qualidade de vida e o meio ambiente;

VI - promover a educação ambiental em todos os níveis de ensino e a conscientização pública para a preservação do meio ambiente;

VII - proteger a fauna e a flora, vedadas, na forma da lei, as práticas que coloquem em risco sua função ecológica, provoquem a extinção de espécies ou submetam os animais a crueldade.

§ 2.º Aquele que explorar recursos minerais fica obrigado a recuperar o meio ambiente degradado, de acordo com solução técnica exigida pelo órgão público competente, na forma da lei.

§ 3.º As condutas e atividades consideradas lesivas ao meio ambiente sujeitarão os infratores, pessoas físicas ou jurídicas, a sanções penais e administrativas, independentemente da obrigação de reparar os danos causados.

§ 4.º A Floresta Amazônica brasileira, a Mata Atlântica, a Serra do Mar, o Pantanal Mato-Grossense e a Zona Costeira são patrimônio nacional, e sua utilização far-se-á, na forma da lei, dentro de condições que assegurem a preservação do meio ambiente, inclusive quanto ao uso dos recursos naturais.

§ 5.º São indisponíveis as terras devolutas ou arrecadadas pelos Estados, por ações discriminatórias, necessárias à proteção dos ecossistemas naturais.

§ 6.º As usinas que operem com reator nuclear deverão ter sua localização definida em lei federal, sem o que não poderão ser instaladas.

## ANEXO C

### Anexo C - Princípios Microeconômicos

Com a premissa, segundo Pindick e Rubinfeld (2002, p. 244-248), que o consumidor tende a maximizar a utilidade, ver Gráfico 22, sujeita a uma restrição orçamentária pode se definir para cada consumidor uma função utilidade que associa certo nível de utilidade para cada cesta de mercado que ele possa consumir. Uma curva de indiferença representa todas as cestas de mercado que proporcionam o mesmo nível de utilidade. Ao considerar um nível fixo de utilidade,  $U^*$ , então a curva de indiferença que corresponde a tal nível de utilidade é obtida por meio da expressão:  $U(X, Y) = U^*$ . A utilidade marginal é definida como a variação da utilidade total em razão do aumento de uma unidade no consumo de um bem. A utilidade é uma função crescente das quantidades consumidas enquanto que a utilidade marginal é uma função decrescente das mesmas variáveis.

A tomada de decisão pode ser concebida como um problema de otimização em que o consumidor tende a maximizar a utilidade e a minimizar o orçamento com o qual pode adquirir a cesta de mercado ao nível de utilidade em maximização.

$$P_X X + P_Y Y - R = 0$$

#### Equação 13 – Função da Renda

Onde  $P_X$  é o preço da mercadoria  $X$  e  $P_Y$  é o preço da mercadoria  $Y$ ;  $R$  é a renda. Utilizando o método dos multiplicadores de Lagrange, temos a seguinte função dual:  $\left\{ \begin{array}{l} \text{Minimizar } P_X X + P_Y Y \\ \text{s.a. } U(X, Y) = U^* \end{array} \right\}$

Portanto o Lagrangiano correspondente é:

$$\Phi = P_X X + P_Y Y - \mu(U(X, Y) - U^*)$$

#### Equação 14 - Função Lagrangeana da Dualidade do Consumidor

Vale ressaltar o princípio da igualdade marginal o qual afirma que a utilidade marginal de cada mercadoria dividida por seus respectivos preços é a mesma. Então, obter a maximização da utilidade o consumidor deve receber a mesma utilidade da última unidade monetária despendida do consumo de  $X$  ou de  $Y$ .

$$\frac{UM_X(X, Y)}{UM_Y(X, Y)} = \frac{P_X}{P_Y}$$

#### Equação 15 - Utilidade Marginal

Diferenciando-se a função Lagrangeana em relação a  $X$  e  $Y$  e  $\mu$ , obtém se as seguintes condições necessárias para a minimização do gasto:

$$\left\{ \begin{array}{l} P_x - \mu UM_x(X, Y) = 0 \\ P_y - \mu UM_y(X, Y) = 0 \end{array} \right\} \Rightarrow \mu = \left[ \frac{P_x}{UM_x(X, Y)} \right] = \left[ \frac{P_y}{UM_y(X, Y)} \right] = \frac{1}{\lambda}, \text{ Desta forma, qualquer que seja}$$

o formato da função utilidade, o multiplicador de Lagrange,  $\frac{dU}{dR} = \lambda$ , representa a utilidade extra gerada quando a restrição do orçamento diminui, por exemplo, devido ao acréscimo de uma unidade monetária ao orçamento.

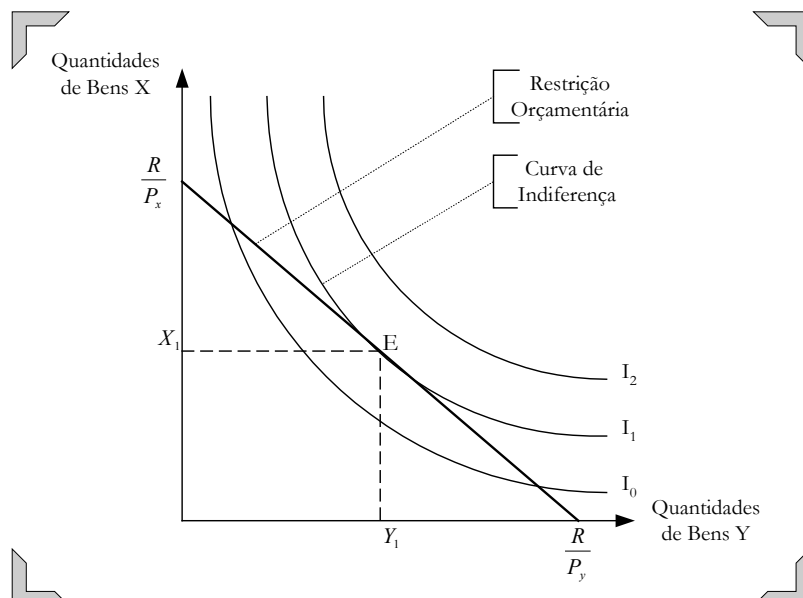
Sabendo-se que a  $TMS_{YX}$  representa a taxa marginal de substituição de  $Y$  por  $X$  em relação ao consumidor e contando com as condições de segunda ordem para obter a máxima utilidade, as condições de convexidade satisfatórias são:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{d(TMS)}{dX} < 0 \\ \frac{d^2Y}{dX^2} > 0 \end{array} \right\} \text{ na qual } -\frac{dY}{dX} \text{ seja a inclinação da curva de indiferença. Então temos:}$$

$$-\frac{dY}{dX} = \frac{UM_x(X, Y)}{UM_y(X, Y)} = TMS_{YX} \Rightarrow \frac{P_y}{P_x} \quad \text{Equação 16 - Taxa marginal de Substituição}$$

Retornando à função dual, tem-se que a escolha para os valores de  $X$  e  $Y$  que minimizam no ponto de tangência da linha do orçamento com a curva de indiferença que gera a utilidade,  $U^*$ , sendo este o mesmo ponto que maximiza a utilidade. O problema dual de minimização do gasto resulta nas mesmas funções de demanda que são obtidas por meio da maximização direta da utilidade.

**Gráfico 22 - Maximização da Utilidade**



# APÊNDICE

---

## APÊNDICE A

Apêndice A – Modelo do Questionário para Pesquisa de Campo

### Questionário sobre priorização de Estudos Sócio-Ambientais para uma Linha de Transmissão

**Identificação** (o preenchimento deste quadro é opcional):

|               |       |        |       |
|---------------|-------|--------|-------|
| Nome:         | _____ |        |       |
| Empresa:      | _____ | Data:  | _____ |
| Departamento: | _____ | Cargo: | _____ |

#### Importância da Colaboração:

Sua colaboração é crucial para a demonstração das varias percepções quanto a real necessidade dos estudos e impactos ambientais no setor elétrico. Este questionário possibilitará a esta pesquisa

informações sobre a realidade efetiva dos atores envolvidos nos processos decisórios em empreendimentos do setor elétrico, neste caso as Linhas de Transmissão de Energia Elétrica.

Este questionário é fruto, assim como os seus resultados, de um trabalho de pesquisa acadêmico no qual é garantido o total anonimato ao respondente.

#### **Apresentação do Problema:**

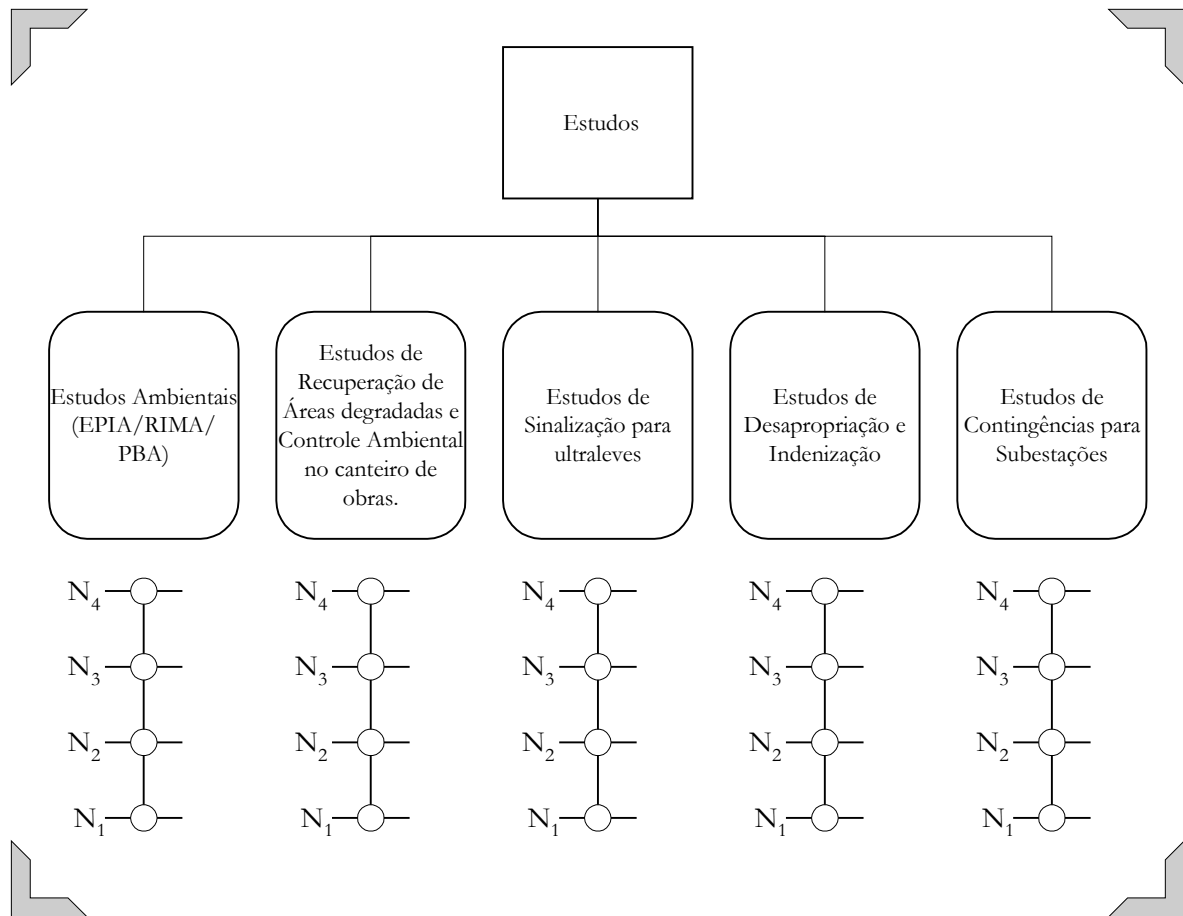
A determinação econômica dos passivos ambientais proporciona uma alocação de recursos de forma mais eficiente, contribui para a hierarquização mais racional das ações a serem desenvolvidas nas diversas áreas do setor elétrico.

Esta análise ganha grande importância nas operações de associação, fusão, compra ou venda de ativos, seguro e abertura ou aumento de capital, e em qualquer outra na qual o valor de mercado do próprio objeto das operações é fortemente impactado pelo passivo ambiental ou, pelas expectativas em torno do mesmo passivo.

O estudo de caso, envolve desde a legislação específica até o conhecimento dos processos típicos das linhas de transmissão de energia elétrica, com seus respectivos aspectos e impactos ambientais. São consideradas todas as intervenções e atividades relativas ao empreendimento, compreendendo as etapas de Planejamento, Construção e Operação.

1 - Preencha o círculo do diagrama abaixo, indicando qual o nível de estudo que em sua opinião é necessário para construção, operação e planejamento de uma linha de transmissão de energia elétrica, segundo os seguintes níveis de impacto:

| <b>Nível de Impacto</b> | <b>Descrição</b>   |
|-------------------------|--|
| N <sub>4</sub>          | Necessário realizar estudos além daqueles exigidos pelas normas/legislação |
| N <sub>3</sub>          | Necessário realizar estudos exigidos pelas normas/legislação               |
| N <sub>2</sub>          | Necessário realizar estudos apenas parciais                                |
| N <sub>1</sub>          | Não é necessário realizar nenhum tipo de estudo                            |



## 2 – Na sua opinião qual a diferença entre os seguintes níveis de impacto?

Qual a diferença de atratividade entre os níveis N<sub>4</sub> e N<sub>3</sub> ?

- |  |   |  |
|--|---|--|
| <input type="checkbox"/> Nenhuma Diferença     | <input type="checkbox"/> Diferença moderada | <input type="checkbox"/> Diferença muito forte |
| <input type="checkbox"/> Diferença muito fraca | <input type="checkbox"/> Diferença forte    | <input type="checkbox"/> Diferença extrema     |

Qual a diferença de atratividade entre os níveis N<sub>3</sub> e N<sub>2</sub> ?

- |  |   |  |
|--|---|--|
| <input type="checkbox"/> Nenhuma Diferença     | <input type="checkbox"/> Diferença moderada | <input type="checkbox"/> Diferença muito forte |
| <input type="checkbox"/> Diferença muito fraca | <input type="checkbox"/> Diferença forte    | <input type="checkbox"/> Diferença extrema     |

Qual a diferença de atratividade entre os níveis N<sub>2</sub> e N<sub>1</sub> ?

- |  |   |  |
|--|---|--|
| <input type="checkbox"/> Nenhuma Diferença     | <input type="checkbox"/> Diferença moderada | <input type="checkbox"/> Diferença muito forte |
| <input type="checkbox"/> Diferença muito fraca | <input type="checkbox"/> Diferença forte    | <input type="checkbox"/> Diferença extrema     |

3 – Qual a sua Disposição a Pagar pelos seguintes níveis de estudos.

Qual a sua disposição a pagar em todos os níveis de impacto, abaixo indicados, para realizar *os Estudos Ambientais (EPLA/RIMA/PBA)*, dentro do intervalo de no máx. de U\$ 190,000 e mín. de U\$ 125,000 ?

| Nível de Impacto | Disposição a pagar [U\$] |
|------------------|--------------------------|
| N <sub>4</sub>   |                          |
| N <sub>3</sub>   |                          |
| N <sub>2</sub>   |                          |

Qual a sua disposição a pagar em todos os níveis de impacto, abaixo indicados, para realizar *os Estudos de Recuperação de Áreas Degradadas e Controle Ambiental no canteiros de obras*, dentro do intervalo de no máx. de U\$ 25,000 e no mín. de U\$ 15,000 ?

| Nível de Impacto | Disposição a pagar [U\$] |
|------------------|--------------------------|
| N <sub>4</sub>   |                          |
| N <sub>3</sub>   |                          |
| N <sub>2</sub>   |                          |

Qual a sua disposição a pagar em todos os níveis de impacto, abaixo indicados, para realizar *os Estudos de Sinalização para ultraleves*, dentro do intervalo de no máx. de U\$ 25,000.00 e no mín. de U\$ 15,000.00 ?

| Nível de Impacto | Disposição a pagar [U\$] |
|------------------|--------------------------|
| N <sub>4</sub>   |                          |
| N <sub>3</sub>   |                          |
| N <sub>2</sub>   |                          |

Qual a sua disposição a pagar em todos os níveis de impacto, abaixo indicados, para realizar *os Estudos de Desapropriação e Indenização*, dentro do intervalo de no máx. de U\$ 25,000.00 e no mín. de U\$ 15,000.00 ?

| Nível de Impacto | Disposição a pagar [U\$] |
|------------------|--------------------------|
| N <sub>4</sub>   |                          |
| N <sub>3</sub>   |                          |



|                |  |
|----------------|--|
| N <sub>2</sub> |  |
|----------------|--|

Qual a sua disposição a pagar em todos os níveis de impacto, abaixo indicados, para realizar *os Estudos de Contingências para Subestações*, dentro do intervalo de *no máx. de U\$ 25,000.00 e no mín. de U\$ 15,000.00*?

| Nível de Impacto | Disposição a pagar [U\$] |
|------------------|--------------------------|
| N <sub>4</sub>   |                          |
| N <sub>3</sub>   |                          |
| N <sub>2</sub>   |                          |

4 - Segundo o Sr. quais são os estudos mais importantes ? Dê uma nota de 0 a 10 segundo o grau de importância avaliado.

| Estudos  | Nota |
|--|------|
| Estudos Ambientais (EPIA/RIMA/PBA)   |      |
| Estudos de Recuperação de áreas degradadas e Controle ambiental nos canteiros de obras |      |
| Sinalização para Ultra-leves   |      |
| Estudos de desapropriação e Indenização  |      |
| Estudos de Contingências para SE's   |      |

# GLOSSÁRIO

---

Atores (stakeholders) - são pessoas, grupos e instituições que têm uma posição no processo decisório, ou seja, que têm interesses nos resultados da decisão.

Descritores – é definido como um conjunto de níveis de impacto que servem como base para operacionalidade das ações potenciais em termos de cada PVF. Também visto na literatura como atributo Keeney (1993, 1992).

Pontos de Vista Fundamentais (PVF) – são aqueles aspectos considerados, por pelo menos um dos decisores, como fundamentais para avaliara as ações potenciais. Segundo Ensslin *et al*, (2001, p. 127), os PVFs explicitam os sistemas de valores que os decisores consideram importantes naquele contexto e definem as propriedades das ações que são de interesse dos decisores.

Taxas de Substituição (trade-offs) – “são parâmetros que os decisores julgaram adequados para agregar, de forma compensaria, desempenho locais (nos critérios) em uma performance global” (Ensslin *et al*, (2001, p. 219).

MACBETH (*Measuring Attractiveness by a Categorical Based Evaluation Technique*) - método mais utilizado no ambiente científico, desenvolvido por Bana e Costa e Vansnick (1995). O software utiliza modelos de programação linear para determinar a função de valor e taxas de substituição.

Aspecto Ambiental – termo definido no âmbito das normas da série ISO 14000 para designar qualquer elemento de uma empresa ou organização que interage, direta ou indiretamente, com o meio ambiente (p. ex. emissão de SO<sub>2</sub> para a atmosfera, lançamento de efluentes industriais em rios, etc.).

Avaliação de Passivo Ambiental – instrumento que visa principalmente fornecer uma avaliação dos potenciais riscos ao negócio, relacionados a cumprimentos da legislação ambiental vigente naquela data ou a quaisquer obrigações de fazer, de deixar de fazer, de indenizar, de compensar ou de assumir qualquer outro compromisso de caráter ambiental com impacto econômico sobre os negócios, a partir dos aspectos ambientais dos empreendimentos de interesse e seus respectivos impactos gerados ou acumulados até o exato momento da transação.

Classes de Passivo – são classes onde são alocados passivos de natureza semelhante, a fim de facilitar a análise dos resultados de uma Avaliação de Passivo Ambiental. No presente trabalho foram criadas as seguintes classes: Passivo de Adequação, Passivo de Remediação, Passivo Administrativo e Passivo de Contingência.

Critérios de Definição de Passivo – critérios que devem ser definidos previamente ao início de qualquer avaliação de passivo ambiental, em conformidade com os interesses do cliente. Estes critérios estabelecerão as fronteiras da avaliação, definindo o que será ou não considerado passivo ambiental.

Impacto Ambiental – consiste em qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas, que direta ou indiretamente afetam: a saúde, a segurança e o bem-estar da população; as atividades sociais e econômicas; a biota; as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente; a qualidade dos recursos ambientais (Resolução CONAMA nº 001, de 23 de janeiro de 1986). Um impacto ambiental potencial é aquele que ainda não aconteceu, mas cuja possibilidade existe em decorrência do funcionamento, normal ou acidental, de uma determinada atividade.

ISO 14000 – conjunto ou série de normas da ISO de caráter de aplicação voluntária, que visa sistematizar os princípios de gestão ambiental nas empresas.

ISO 14015 – norma da série ISO 14000 que consiste num guia para condução de uma Avaliação de Passivo Ambiental (ou EASE – Environmental Assessment of Sites and Entities), a fim de auxiliar decisões com o conhecimento do risco ambiental envolvido num negócio

Lista de Verificação (LV) – documento contendo listagem de aspectos ambientais, impactos potenciais e possíveis ações de controle, aos Quais se associam objetivos e mecanismos de avaliação. O objetivo do documento é guiar os condutores da Avaliação de Passivo Ambiental de cada um dos empreendimentos genéricos de interesse: Termoelétricas, Hidroelétricas, Linhas de Transmissão e Subestações.

Passivo Administrativo – consiste na discretização de indicadores de desempenho no âmbito antrópico e ambiental, com a finalidade de mensurar as providências administrativas tais como execução de estudos prévios ambientais e estudos de risco, necessários para prevenir eventuais riscos graves ou iminentes ao meio ambiente, à saúde humana ou à propriedade entre outros. Tais providências administrativas são compostas, pelo valor monetário dos custos referentes às multas, dívidas, ações jurídicas, taxas (taxas por emissão e efluentes, por exemplo) e impostos referentes à inobservância de requisitos legais e de sentenças nos autos de ações judiciais das partes afetadas.

Passivo Ambiental – termo utilizado para denominar potenciais riscos de caráter ambiental ao negócio, que consistem em valores monetários relacionados a cumprimento da legislação ambiental vigente na data da transação ou a quaisquer obrigações de fazer, de deixar de fazer, de indenizar, de compensar ou de assumir qualquer outro compromisso de caráter ambiental com impacto econômico sobre os negócios. O passivo ambiental tem estreita relação com os aspectos ambientais do empreendimento de interesse e com os respectivos impactos gerados ou acumulados até o exato momento da transação. sua definição está diretamente ligada a critérios que devem ser estabelecidos no escopo da avaliação de passivo ambiental antes de seu início, conforme os interesses do cliente.

Passivo de Adequação – é definida pela implementação de ações para adequação das instalações, atividades, processos, serviços, matérias-primas ou produtos. Mensura-se pelo valor monetário composto pelos custos de implantação de procedimentos e tecnologias que possibilitem o atendimento às não-conformidades em relação aos requisitos legais, acordos com terceiros e às políticas e diretrizes ambientais da empresa em questão. Como regra básica, o passivo de adequação se refere à atividades nos limites de propriedade da organização.

Passivo Contingente – tem a finalidade de incluir a avaliação da viabilidade e probabilidade da entrada em vigor de novas leis e regulamentos, contendo a provável demanda econômica futura ao empreendedor ou operador para enquadrar situações observadas nas auditorias contra os critérios dessas leis e de requerimentos futuros. Esta classe ora se converte numa proposição verdadeira, ora numa proposição falsa, conforme os valores assumidos por variáveis provenientes de conflitos no espaço do empreendimento, tais como: proprietários e estrutura de produção primária; logística de atendimento as atividades produtivas já existentes; poderes públicos responsáveis pela infra-estrutura rural e urbana; organizações não governamentais.

Passivo de Remediação – consiste nas ações a serem realizadas no meio ambiente para que o mesmo volte a exibir a qualidade mínima determinada para atender as funções sociais e de suporte à vida, à biodiversidade e ao bem-estar das pessoas. Mensurável por meio do valor monetário composto pelos custos necessários à recuperação de áreas ambientais e indenização de grupos sociais afetados pelas atividades do empreendimento de interesse ou decorrentes das atividades de terceiros (cuja remediação tenha sido assumida pelo empreendedor ou operadora independentemente da responsabilidade civil). Como regra geral, o passivo de remediação refere-se a atividades realizadas no meio ambiente e nos grupos sociais afetados ou decorrentes das atividades de terceiros (cuja remediação tenha sido assumida pelo empreendedor ou operadora independentemente da responsabilidade civil).

Recursos Naturais – a atmosfera, as águas superficiais e subterrâneas, o mar, o solo e subsolo, a fauna e a flora, ou seja, todos os elementos da natureza que podem ser utilizados pelo homem.

Remediação Ambiental - recuperação de áreas degradadas devido às atividades de um empreendimento ou decorrentes das atividades de terceiros que porventura tenham afetado o empreendimento.

Business Killers (negócio arriscado) - termo usado para designar uma avaliação inicial pouco detalhada, com a identificação somente dos passivos que ofereçam maior risco ao negócio, chamados.

Valoração Econômica de Passivo – uma das etapas da Avaliação de Passivo Ambiental, que consiste na atribuição de valores econômicos aos passivos ambientais levantados na avaliação. A acurácia da valoração econômica dependerá da experiência dos condutores do estudo, da qualidade das informações levantadas e do grau de detalhamento adotado. A escolha do tipo de avaliação a ser utilizada depende das peculiaridades do empreendimento ou sítio a ser avaliado, bem como da disponibilidade de tempo e recursos financeiros.

# REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

---

ALTHUSSER, Louis; 1998. *Aparelhos Ideológicos de Estado*. 7ª Edição. Rio de Janeiro: Editora Graal. 128p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS; 1996. *Diretrizes para auditoria ambiental – Princípios gerais*, NBR ISO 14010. Rio de Janeiro.

\_\_\_\_\_; 1996. *Diretrizes para auditoria ambiental – Procedimentos de auditoria – Auditoria de sistemas de gestão ambiental*, NBR ISO 14011. Rio de Janeiro.

\_\_\_\_\_; 1996. *Sistemas de gestão ambiental – Especificação e diretrizes para uso*, NBR ISO 14001. Rio de Janeiro.

\_\_\_\_\_; 1996. *Sistemas de gestão ambiental – Diretrizes gerais sobre princípios, sistemas e técnicas de apoio*, NBR ISO 14004. Rio de Janeiro.

BANA e COSTA, Carlos; VASNICK, Jean-Claude; 1995. Uma Nova Abordagem ao Problema da Construção de uma Função de Valor Cardinal: MACBETH. *Investigação Operacional – Escola de Novos Empreendedores da UFSC*, Florianópolis, vol. 15, nº 1 (Junho), 15-35p.

BELLIA, Vitor; 1996. *Introdução à Economia Ambiental*. 1ª Edição. Brasília: Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA). 262p.

BERGAMINI JR., Sebastião; 2000. Avaliação Contábil do Risco Ambiental. *Revista do BNDS*, Rio de Janeiro, vol. 7, nº 14 (Dez.), 301-328p.

BOBBIO, Norberto; 1998. *Liberalismo e Democracia*. 6ª Edição. 3ª reimpressão. São Paulo: Editora Brasiliense. 101p.

\_\_\_\_\_; 1999. *Estado, Governo, Sociedade: para uma teoria geral da política*. 7ª Edição. São Paulo: Editora Paz e Terra. 173p.

BONOMI, Claudio A.; MALVESSI, Oscar; 2002. *Project Finance no Brasil: Fundamentos e Estudos de Casos*. 1ª Edição. São Paulo: Editora Atlas. 363p.

CAMARGO, C. Celso de Brasil; 1991. *Transmissão de Energia Elétrica: Aspectos Fundamentais*. 2ª Edição. Florianópolis: Editora da UFSC. 303p.

CAMARGO, C. Celso de Brasil; BORENSTEIN, Carlos Raul; 1997. *O Setor Elétrico no Brasil: Dos desafios do passado às alternativas do futuro*. 1ª Edição. Porto Alegre: Editora Sagra Luzzatto. 318p.

CARVALHO, Joaquim Francisco de; 2002. A construção e desconstrução do sistema elétrico brasileiro. In: BRANCO, Adriano Murgel (org.). *Política Energética e Crise de Desenvolvimento: a antevisão de Catullo Branco*. 1ª Edição. São Paulo: Editora Paz e Terra. 97-116p.

COGGIOLA, Osvaldo; 2002. Ciências Humanas: O que são, para que servem. *Revista ADunicamp*, Campinas, Novembro, 7-20p.

CONTADOR, Cláudio R.; 1988. *Avaliação Social de Projetos*. 2ª Edição. São Paulo: Atlas. 316p.

CONTI, Laura; 1997. Política e Ecologia. In: BOBBIO, Norberto; MATTEUCCI, Nicola; PASQUINO, Gianfranco. *Dicionário de Política*. 9ª Edição. Brasília: Editora UnB. Vol. 2 - 976-980p.

D'ALIMONTE, Roberto; 1997. Teoria das Decisões Coletivas. In: BOBBIO, Norberto; MATTEUCCI, Nicola; PASQUINO, Gianfranco. *Dicionário de Política*. 9ª Edição. Brasília: Editora UnB. Vol. 1 – 309-312p.

ELETROBRÁS; 2000a. *Avaliação de passivos ambientais: roteiros técnicos*. Centrais Elétricas Brasileiras S.A., DEA; coordenado por BARATZ, Fani. Rio de Janeiro: Eletrobrás. 130p.

\_\_\_\_\_; 2000b. *Metodologia de valoração das externalidades ambientais da geração hidrelétrica e termelétrica com vistas à sua incorporação no planejamento de longo prazo do setor elétrico*. Centrais Elétricas Brasileiras S.A., DEA; coordenado por NUTTI, Mírian Regini. Rio de Janeiro: Eletrobrás. 210p.

\_\_\_\_\_; 2000c. *Valoração econômica de efeitos ambientais, parâmetros para estimativa de custos ambientais em orçamentos de empreendimentos: relatório final*. Centrais Elétricas Brasileiras S.A., DEA; coordenado por PEREIRA, Maria Regina de Araújo. Rio de Janeiro: Eletrobrás. 353 p. 2 volumes.

\_\_\_\_\_; 2000d. *Subsídios para adequação das especificações técnicas para construção de linhas de transmissão aos critérios ambientais*. Centrais Elétricas Brasileiras S.A., DEA, DEAA, DEAT; coordenado por PIMENTEL, Gilberto Neves. Rio de Janeiro: Eletrobrás. 86p.

\_\_\_\_\_; 2000e. *Subsídios para adequação do licenciamento ambiental de instalações de transmissão: relatório final*. Centrais Elétricas Brasileiras S.A., DEA, DEAA; coordenado por NUTTI, Mírian Regini. Rio de Janeiro: Eletrobrás. 40 p.

ENGELS, F.; 2000. *A Dialética da Natureza*. 6ª Edição. Rio de Janeiro: Editora Paz e Terra. 239p.

ENSSLIN, Leonardo; MONTIBELLER-NETO, Gilberto; NORONHA, Sandro M.; 2001. *Apoio à Decisão: metodologias para estruturação de problemas e avaliação multicritério de alternativas*. 1ª Edição. Florianópolis: Editora Insular. 295p.

FOLMER, Henk; GABEL, H. Landis; OPSCHOOR, Hans; 1995. *Principles of Environmental and resource Economics: A Guide for Students and Decision-Makers*. 1ª Edição. Cheltenham: Edward Elgar Publishing Limited. 484p.



FURTADO, Ricardo C.; 1996. *The Incorporation of Environmental Costs into Power System Planning in Brazil*. London. Tese (Doctor of Philosophy) – Center for Environmental Tchnology, Imperial College of Science, Technology, University of London..

FURTADO, Ricardo. C.; SOARES, Flávia G.; ALMEIDA, Ednaldo, BEZERRA, José M. de B.; DACONTI, José R.; 1999. Inclusão de Custos Ambientais nos Orçamentos de empreendimentos de Transmissão. In: *Seminário Nacional de Produção e Transmissão de Energia Elétrica* (15. : Out. de 1999 : Foz do Iguaçu, Paraná). *Anais*. GIA/06

GOLDEMBERG, José; 1998. *Energia, Meio Ambiente & Desenvolvimento*. 1ª Edição. São Paulo: Editora da USP. 234p.

\_\_\_\_\_; 2002. Energia no Brasil e no mundo. In: BRANCO, Adriano Murgel (org.). *Política Energética e Crise de Desenvolvimento: a antevisão de Catullo Branco*. 1ª Edição. São Paulo: Editora Paz e Terra. 227-248p.

GOODWIN, P.; WRIGHT, G.; 1998. *Decision Analysis for Management Judgment*. 2ª Edição New York: John Wiley & Sons. 454p.

GRAY, Rob; BEBBINGTON, Jan; WALTERS, Diane; 1993. *Accounting for the Environment*. 1ª Edição. Princeton: Markus Wiener. 348p.

HAWKEN, Paul; LOVINS, Amory; LOVINS, L. Hunter; 1999. *Capitalismo Natural: criando a próxima revolução industrial*. 1ª Edição. São Paulo: Cutrix. 358p.

HOBBS, Benjamin F.; MEIER Peter; 2000. *Energy Decisions and the Environment: A Guide of the Use of Multicriteria Methods*. 1ª Edição. Norwell: Kluwer. 257p.

JANNUZZI, Gilberto de Martino; SWISHER Joel N. P.; 1997. *Planejamento Integrado de Recursos Energéticos: Meio Ambiente, Conservação de Energia e Fontes Renováveis*. 1ª Edição. Campinas: Editora Autores Associados. 246p.

KEENEY, Ralph L.; 1998. *Value-focused thinking: a path to creative decisionmaking*. 1ª Edição. 3ª Impressão. Cambridge: Harvard University Press. 416p.

KEENEY, Ralph L.; RAIFFA, Howard; 1993. *Decisions with Multiple Objectives: Preferences and Value Tradeoffs*. 1ª Edição. 2ª Impressão. Cambridge: Cambridge University Press. 569p.

KOSIK, Karel; 1976. *A Dialética do Concreto*. 5ª Edição. Rio de Janeiro: Editora Paz e Terra. 230p.

LAI, K. K.; LIU, S. L.; WANG, S.; 2002. Bid Markup Selection Models by Use of Multiple Criteria. *IEE Trans. On Engineering Management*, New York, vol. 49, nº. 2 (Maio), 155-160p.

LANDRY, Maurice; 1995. A Note on the Concept of “Problem”. In: Faculty of Administrative Sciences, Laval University. *Organization Studies*, vol. 16, nº 2, Quebec: EGOS, 315-343p.

LIMA, José Luiz; 1995. *Políticas de governo e desenvolvimento do setor de energia elétrica: do Código das Águas à crise dos anos 80 (1934-1984)*. 1ª Edição. Rio de Janeiro: Editora Memória da Eletricidade. 190p.

LORA, Electo E. S.; 2000. *Prevenção e Controle da Poluição nos Setores Energético, Industrial e de Transporte*. 1ª Edição. Brasília: Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL). 503p.

MACIEL, Dulce M. H.; 2001. *Internalização de Variáveis Ambientais na Análise de Viabilidade de Projetos: O Caso do Setor Elétrico*. Florianópolis. Dissertação (Mestre em Engenharia de Produção) – Gestão da Qualidade Ambiental, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina.

MARTIN, Jean-Marie; 1992. *A Economia Mundial da Energia*. 1ª Edição. São Paulo: Editora da UNESP. 135p.

MARX, K.; 1982. *Para a crítica de economia política; salário, preço e lucro; O rendimento e suas fontes*. 1ª Edição. São Paulo: Editora Abril Cultural.

\_\_\_\_\_.; 1985. *Capítulo VI inédito de O Capital: resultados do processo de produção imediata*. São Paulo: Editora Moraes. pp. 87-120

MARX, Karl; ENGELS, Friedrich; 2001. *A Ideologia Alemã*. 2ª Edição. São Paulo: Editora Martins Fontes. 119p.

MÉSZÁROS, István; 2002. Parte III Crise Estrutural do Sistema do Capital. In: MÉSZÁROS, István. *Para Além do Capital*. 1ª Edição (maio/3.500 exemplares). São Paulo: Editora Boitempo. 605-982p.

MONTIBELLER-FILHO, Gilberto; 2001. *O Mito do Desenvolvimento Sustentável: meio ambiente e custos sociais no moderno sistema produtor de mercadorias*. 1ª Edição. Florianópolis: Editora da UFSC. 306p.

MOTA, José Aroudo; 2001. *O Valor da Natureza: Economia e política dos recursos ambientais*. 1ª Edição. Rio de Janeiro: Editora Garamond. 200p.

MOTTA, Ronaldo Seroa da; 1998. *Manual para valoração Econômica de Recursos*. 1ª Edição. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, dos recursos Hídricos e da Amazônia Legal. 216p.

MOTTA, Ronaldo Seroa da; MENDES, Francisco Eduardo; 1997. *Instrumentos Econômicos para o Controle Ambiental do Ar e da Água: uma resenha da experiência internacional*. Texto para discussão nº 479 (Maio), Rio de Janeiro: IPEA (Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada). 57p.

MÜLLER, Arnaldo C.; 1995. *Hidrelétricas, Meio Ambiente e Desenvolvimento*. 1ª Edição. São Paulo: Editora Makron Books. 412p.

MUYLAERT, Maria Silvia; 2000. *Análise dos Acordos Internacionais Sobre Mudanças Climáticas sob o Ponto de Vista do Uso do Conceito de Ética*. Rio de Janeiro. Tese (Doutor em Ciências) – Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós – Graduação e Pesquisa de Engenharia (COPPE), Universidade Federal do Rio de Janeiro.

PEARCE, David W.; 1985. *Economia Ambiental*. 1ª Edição. México, D. F.: Fondó de Cultura Económica. 263p.

PEARCE, David W.; MORAN, Dominic; 1994. *O Valor Económico da Biodiversidade*. 1ª Edição. Lisboa: Instituto Piaget. 225p.

PEITER, Paulo Cesar; 1994. *O Desenvolvimento das Redes Elétricas de Transmissão no Brasil: dos sistemas locais aos sistemas interligados regionais..* Rio de Janeiro. Dissertação (Mestre em Ciências) – Instituto de Geociências, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal do Rio de Janeiro.

PINDICK, Robert S.; RUBINFELD, Daniel L.; 2002. *Microeconomia*. 5ª Edição. São Paulo: Editora Prentice Hall. 711p.

PINHO, Diva B. (org.); VASCONCELLOS, Marco A. de (org.); 1998. *Manual de Economia: equipe de professores da USP*. 3ª Edição. São Paulo: Editora Saraiva. 653p.

RICARDO, David; 1982. *Princípios de Economia Política e Tributação*. 1ª Edição. São Paulo: Editora Abril Cultural.

ROBERTS, Fred S.; 1979. Measurement theory: with applications decisionmaking, utility, and the social sciences. In: ROTA, G. C. *Encyclopedia of mathematics and its applications*, vol. 7, 1ª Edição. London: Addison-Wesley, 420p.

ROSA, Luiz Pinguelli; 2002. A crise da energia elétrica: causas e medidas de mitigação. In: BRANCO, Adriano Murgel (org.). *Política Energética e Crise de Desenvolvimento: a antevisão de Catullo Branco*. 1ª Edição. São Paulo: Editora Paz e Terra. 81-96p.

ROSA, Luiz Pinguelli; TOLMASQUIM, Mauricio Tiommo; LINHARES, José Claudio; 1998. *A reforma do setor elétrico no Brasil e no mundo: uma visão crítica*. 1ª Edição. Rio de Janeiro: Editora Relume Dumará, Coppe, UFRJ. 211p.

ROSA, Mario; 2001. *A síndrome de Aquiles: Como lidar com as crises de imagem*. 1ª Edição. São Paulo: Editora Gente. 249p.

SANTOS, Milton; 2000. *Por uma outra globalização: do pensamento único à consciência universal*. 1ª Edição. Rio de Janeiro: Editora Record. 174p.

SANTOS, Milton; SILVEIRA, María Laura; 2001. A constituição do meio técnico-científico-informacional e a renovação da materialidade no território. *O Brasil: território e sociedade no início do século XXI*. 1ª Edição. Rio de Janeiro: Editora Record. 55-92p.

SANTOS, Rui; MARTINHO, Sandra; ANTUNES, Paula; 2001. *Estudo sobre Sector Eléctrico e Ambiente, 2º Relatório – Avaliação económica dos impactes ambientais do sector eléctrico*. Lisboa. Centro de Economia Ecológica e Gestão do Ambiente, departamento de Ciências e Engenharia do Ambiente, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade de Lisboa.

- SAUER, Ildo; 2002. Energia elétrica no Brasil contemporâneo: a reestruturação do setor, questões e alternativas. In: BRANCO, Adriano Murgel (org.). *Política Energética e Crise de Desenvolvimento: a antevisão de Catullo Branco*. 1ª Edição. São Paulo: Editora Paz e Terra. 117-226p.
- SCHERER, F. M.; ROSS D.; 1990. *Industrial Market Structure and Economic Performance*. 3ª Edição. Boston: Houghton Mifflin. 713p.
- SCHIANETZ, Bojan; 1999. *Passivos Ambientais: Levantamento Histórico, Avaliação da Periculosidade e Ações de Recuperação*. 1ª Edição. Curitiba: SENAI. 200p.
- SILVA, Edson Luiz da; 2001. *Formação de preços em mercados de energia elétrica*. 1ª Edição. Porto Alegre: Editora Sagra Luzzatto. 183p.
- SILVEIRA, Fabíola S. V.; 1997. *Um Modelo para Planejamento Econômico-Financeiro de Empresas de Energia Elétrica Adequado ao Ambiente Competitivo*. Florianópolis. Dissertação (Mestre em Engenharia Elétrica) – Laboratório de Planejamento de Sistemas de Energia Elétrica, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina.
- SMITH, Adam; 1988. *Investigação sobre a Natureza e as Causas da Riqueza das Nações*. 3ª Edição. São Paulo: Editora Nova Cultural.
- STOPPINO, Mario; 1997. Poder. In: BOBBIO, Norberto; MATTEUCCI, Nicola; PASQUINO, Gianfranco. *Dicionário de Política*. 9ª Edição. Brasília: Editora UnB. Vol. 2 - 933-943p. Total dos vol. 1 e 2 de 1.300p.
- TOLMASQUIM, Mauricio Tiommo; 2001. Estrutura Conceitual para a Eleboração de Indicadores de Sustentabilidade Ambiental para o Brasil. In: GARAY, Irene; DIAS, Bráulio. *Conservação da Biodiversidade em Ecossistemas Tropicais: Avanços conceituais e revisão de novas metodologias de avaliação e monitoramento*. 1ª Edição. Petrópolis: Editora Vozes. 68-75p.
- VASCONCELLOS, Marco Antonio Sandoval de; OLIVEIRA, Roberto Guena; 2000. *Manual de Microeconomia*. 1ª Edição. São Paulo: Editora Atlas. 259-282p.
- WILLIS, H. Lee; SCOTT, Walter. G.; 2000. *Distributed Power Generation: Planning and Evaluation*. 1ª Edição. New York: Marcel Dekker. 597p.